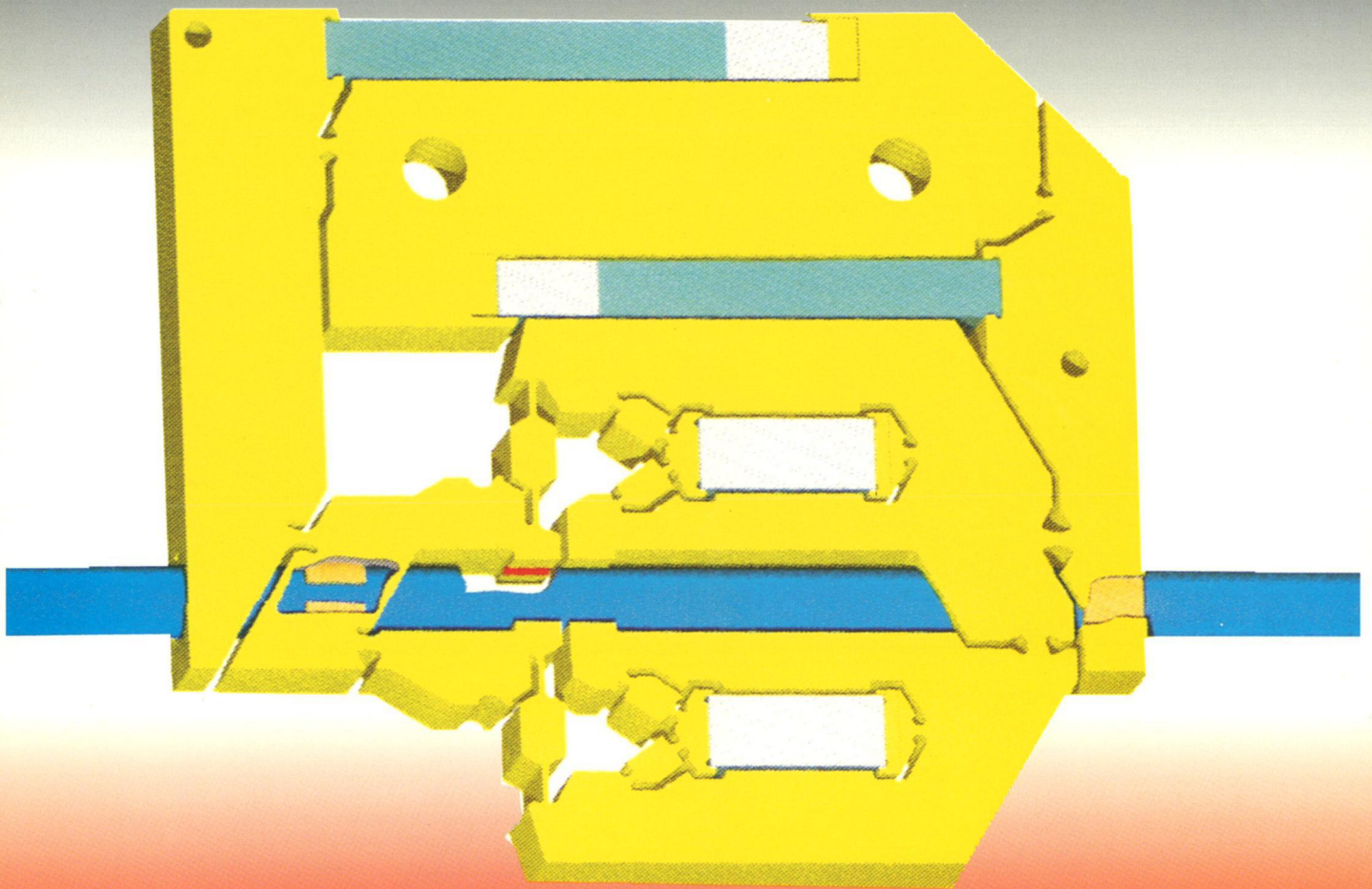


jaargang 33, nummer 6

Mikroniek

NVFT

VAKBLAD VOOR PRECISIE-TECHNOLOGIE



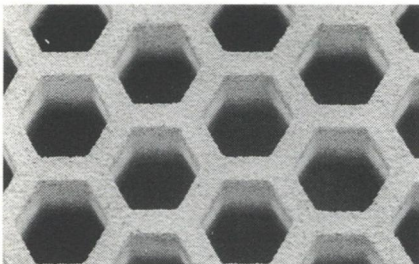
Plaatsbepaling assen – Piëzomotor
Verbinden van keramiek – Glas etsen
Boekbespreking



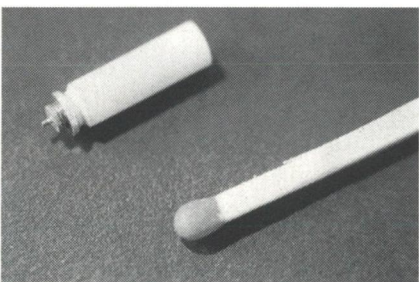
Welk gemeenschappelijk kenmerk hebben de meeste in Europa gefabriceerde bewerkingscentra, frees- en boormachines?



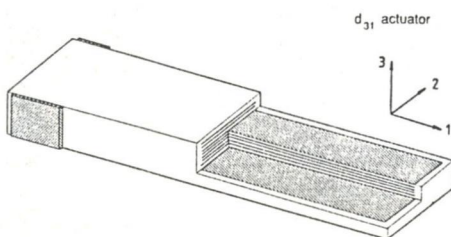
In dit nummer



Zie pagina 164



Zie pagina 175



Zie pagina 183

160 Chemisch bewerken van glas
Editorial

161 Verenigingsnieuws/Actueel

164 Het vormgeven van glas met chemische etstechnieken
G.A.C.M. Spierings

169 Constructies voor het nauwkeurig bewegen en positioneren (15)
P.C.J.N. Rosielle, E.A.G. Reker, M.P. Koster

175 Het verbinden van keramiek aan staal
K.M. Broek

181 Boekbespreking

183 Een lineaire piëzomotor
M.P. Koster, A. Visscher

187 Definitie stijfheden nieuwe gatscharnier
A. Visscher

189 Produktinfo

Bestel nu reeds het

Precisietechnologie jaarboek 1994 (prijs f59,-)

Februari 1994 verschijnt de eerste uitgave van het Precisietechnologie jaarboek (A4 formaat). Daarin wordt de "branche" precisietechnologie en fijnmechanische techniek in kaart gebracht.

Met een uitgebreid:

- Produkten- en bedrijvenregister van leveranciers en producenten

Met informatie over:

- NVFT, vereniging voor precisietechnologie;
- Mikropool, een onderlinge dienstverlening van NVFT-leden;
- Opleidingen Fijnmechanische Techniek;
- Ontwikkelingen in het vakgebied.

Voor inlichtingen en bestellingen Buro Jet, de heer N.J.H. van den Brink
tel. 070 - 3990000, fax 070 - 3902488

Staat uw bedrijf ook reeds vermeld?

NVFT-leden ontvangen het jaarboek kosteloos.

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

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

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



micro  montage

Postbus 3108 - NL 3760 DC SOEST - Holland

GROOT IN HET KLEINE

Orgaan van de

160



Nederlandse Vereniging voor
precisie-technologie

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. Sniijders
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
Abonnementkosten Mikroniek:
Nederland f100,- per jaar
Buitenland f125,- 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 nadrukke-
lijke toestemming van de redactie.
ISSN 0026-3699

Editorial

Chemisch bewerken van glas

Om glazen voorwerpen geometrisch vormen te geven en deze met de gewenste oppervlaktekwaliteit te voorzien wordt reeds eeuwen lang het glasblazen vanuit de glassmelt en het mechanisch bewerken (zoals zagen, slijpen en polijsten) toegepast. Andere nabewerkingsmethoden maken gebruik van laser-, water- en poederstraaltechnieken (zogenaamde bundeltechnieken).

Rechtstreeks vanuit de glassmeltoven worden bijvoorbeeld vensterglas, TV-schermen, ballonnen voor gloeilampen en flessen, maar ook halffabrikaten zoals buis- en staafglas vervaardigd. Deze halffabrikaten kunnen weer verwerkt worden tot glasinstrumenten, precisievormen of componenten voor de verlichtingsindustrie.

De mechanische bewerkingen worden veelvuldig toegepast bij de realisatie van optische componenten zoals lenzen, prisma's, spiegels, planglazen, etc. maar ook voor de fabricage van glazen onderdelen voor constructies.

Deze activiteiten worden uitgevoerd door de glasblazer, de glasinstrumentmaker, de optiekmaker en de koudglasbewerker. Beroepen met een lange traditie, groot vakmanschap en uitgebreide ervaringskennis. Dit alles, gecombineerd met procestechnologie en machinale productie, heeft geleid tot de moderne glastechnische industrie.

Deze kenmerkt zich meestal door volumeproductie, waarbij nauwkeurigheden in het micrometergebied gehaald kunnen worden (bijvoorbeeld glasvezels voor telecommunicatie).

Door de verdergaande miniaturisatie en integratie van de glazen producten of componenten met structuren in het (sub)micrometergebied is in de laatste tijd veel aandacht besteed aan het chemisch bewerken van glas. Deze impulsen zijn heel sterk uit de IC-activiteiten voortgekomen. Bij de productie van IC's wordt op grote schaal bij het structureren van de SiO₂-isolatielagen het chemisch bewerken van glas toegepast. Deze technieken zijn geschikt om op micrometerschaal vorm te geven aan glazen producten zoals deze nu van de optische en elektronische industrie gevraagd worden. Hiervoor biedt het etsen van glas (het verwijderen van glasmetaal met behulp van een chemische reactie) een reeks interessante mogelijkheden.

Drie verschillende etstechnieken staan ter beschikking:

- nat-chemisch etsen,
- plasma-etsen,
- etsen van fotogevoelig glas.

In combinatie met de fotolithografie kunnen dimensies in het (sub)micrometer-gebied gerealiseerd worden, waardoor het mogelijk is om aan de ene kant optische rasteren en tralies te realiseren en aan de andere kant passieve optische componenten voor telecommunicatienetwerken, sensoren en actuatoren te vervaardigen.

Met deze etstechnieken wordt voor het materiaal glas in belangrijke mate de toepassing in micromechanische componenten of systemen mogelijk. Als voorbeeld kunnen de glazen koppen voor inkjetprinters genoemd worden. Deze chemische bewerkings-techniek geeft het materiaal glas naast de traditionele toepassingsgebieden de toegang tot nieuwe applicatievelden met nieuwe technologische opties. Voor de glastechniek en de glasindustrie een uitdaging, voor het materiaal en het vakgebied een rooskleurige toekomst.

Dr. U.K.P. Biermann

Verenigingsnieuws/Actueel

NVFT op VAT '94

De NVFT zal in combinatie met een viertal bedrijfsleden deelnemen aan de Vakbeurs voor Algemene Toelevering - VAT '94 die zal worden gehouden van 1 tot 4 februari 1994 in de Jaarbeurs te Utrecht.

Overeenkomstig met de doelstelling van deze vakbeurs - het bevorderen van de samenwerking voor toeleveren en uitwisselen van kennis en techniek - zal hierbij speciaal de aandacht worden gevestigd op de MIKROPOOL. De MIKROPOOL is een activiteit van de NVFT voor onderlinge dienstverlening op het gebied van bijzondere materialen en technieken.

De deelnemende bedrijfsleden op de NVFT-stand zijn:

Eurometaal N.V., Zaandam;
Polgron B.V., Groningen;
Precision Instrument B.V., Oegstgeest;
Micronnect, Eindhoven;

De algemene organisatie en verzorging tijdens de beurs is in handen van de werkgroep voor de MIKROPOOL.

H.J. Akkerman.

Voor nadere informatie:

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

EMC-richtlijn

Workshops; tweedaags, beginnend 8 december 1993 en 17 februari 1994; georganiseerd door de Stichting TNO Certification.

Producenten en im- en exporteurs van apparatuur die onder de Europese richtlijn Elektromagnetische Compatibiliteit (EMC) valt, kunnen zich tijdens deze workshop met de richtlijn vertrouwd maken en bovendien een of meer apparaten in de praktijk aan de richtlijn toetsen.

Deze richtlijn is sinds 1 januari 1992 van kracht en is van toepassing op vrijwel alle apparaten die elektromagnetische storingen kunnen veroorzaken of waarvan de werking door dergelijke storingen kan worden belemmerd. Voor deze apparaten zijn in de richtlijn de beschermingseisen vastgesteld, alsmede de daarop betrekking hebbende controlemodaliteiten. Alleen apparatuur die voldoet aan de eisen van de richtlijn mag het CE-merk dragen. Hoewel tot 1 januari 1996 een overgangperiode geldt waarin apparaten nog aan nationale normen mogen voldoen, eisen veel afnemers nu al dat geleverde producten van het CE-merk zijn voorzien.

Op verreweg de meeste producten mag het CE-merk worden aangebracht op basis van een zogenoemde 'fabrikanten-eigenverklaring'. Niettemin stelt de richtlijn veel producenten, importeurs en exporteurs nog voor problemen.

Op de eerste dag van de workshop wordt daarom ingegaan op de meeste gestelde vragen over de conformiteitsverklaringen, technisch constructiedossier, fabrikanten-eigenverklaring, EG type-onderzoek en sancties. Ook wordt aandacht besteed aan de definitie van gericht ontwerpen en produktaansprakelijkheid. De tweede dag is een voor elke deelnemer individuele praktijkdag waarop hij een of meer producten bij een TNO-laboratorium in de praktijk aan de richtlijn kan laten toetsen. Doel van deze dag is het verkrijgen van een indruk van het EMC-gedrag van het betreffende produkt. Aan de hand van de bevindingen wordt tevens de verdere weg naar het CE-merk gewezen.

Voor nadere informatie:

TNO Certification
Telefoon: 055 - 493 468
Fax: 055 - 493 288.

Themadagen en workshop Mikrocentrum Nederland

Laserbewerkingen

Themadag; 7 december 1993; Beurs World Trade Center, Rotterdam; kosten f 495,-.

Aandrijven en positioneren

Themadag; 8 december 1993; Beurs World Trade Center, Rotterdam; kosten f 495,-.

Bewerken van harde materialen

Themadag; 9 december 1993; Beurs World Trade Center, Rotterdam; kosten f 495,-.

Prestatieverbetering bij het produceren en leveren van een klantenorder

Themadag; 14 december 1993; Beurs World Trade Center, Rotterdam; kosten f 495,-.

Sensoren voor het meten van fysische grootheden

Themadag; 16 december 1993; Beurs World Trade Center, Rotterdam; kosten f 495,-.

Multi moment opname

Workshop; 16 december 1993 te Eindhoven; 17 december te Utrecht; kosten f 720,-.

Voor nadere informatie:

Mikrocentrum Nederland
Kruisstraat 74
5612 CJ Eindhoven
Telefoon: 040 - 422 503
Fax: 040 - 450 169.

Reinigen: uitbesteden of zelf blijven doen?

De strengere milieuwetgeving rond het gebruik van oplosmiddelen dwingt veel bedrijven tot investeren in alternatieve reinigingsmethoden. Het is duidelijk, dat men in een tijd van economische teruggang niet enthousiast is om grote bedragen te investeren die deze alternatieve reinigingstechnieken vergen. Uiteraard hebben wij onze eigen verantwoording voor een beter leefmilieu. Bovendien heeft Nederland inter-

nationaal afspraken gemaakt. Voor bedrijven, die zich willen concentreren op kernactiviteiten en de zorgen van het reinigen met de daaraan verbonden steeds strengere regels aan een ander willen overlaten, is het uitbesteden mogelijk een goed alternatief. Om te onderzoeken of deze werkzaamheden ondergebracht zouden kunnen worden in regionaal op te zetten loonreinigingsbedrijven is door VROM het haalbaarheidsonderzoek ISBRO (Industrieel Service Bedrijf Reinigen en Ontvetten) opgestart. Het onderzoek wordt uitgevoerd door Unitech B.V. te Bunschoten. Bedrijven, die belangstelling hebben en mee willen werken aan het onderzoek, evenals bedrijven, die willen participeren in de ISBRO's, worden verzocht contact op te nemen met de heer Dasbach: telefoon 03499 - 86 220, fax 03499 - 83 537. De bedrijven, die meewerken aan het onderzoek ontvangen automatisch het rapport.

8.000e Lid Metaalunie

De Metaalunie (de grootste ondernemersorganisatie voor het MKB in de metaal) heeft haar 8.000e lid ingeschreven. Het is Vanga Europe B.V. te Oss, specialist in interconnectie: de aansluiting van telecominstallaties en de daarvoor benodigde accessoires.

De Metaalunie kent al jarenlang een gestadige groei. De aangesloten bedrijven zijn werkzaam op het gebied van ondermeer de toelevering, machine- en apparatenbouw, jachtbouw, instrumentenfabricage, landbouwmechanisatie, elektronica, e.d.

De bedrijven zijn ingedeeld in één of meer van de circa vijftig bedrijfspgroepen die de Metaalunie telt en waarvan er verscheidene functioneren als branchegroep voor de behartiging van de specifieke sectorbelangen. Daarnaast zijn de Metaalunieleden ingedeeld in een tiental regionale districten.

Het 8.000e Metaalunielid levert ondermeer adapters, aansluitsnoeren, verloopsnoeren en splitters voor gebruik in alle landen van de wereld. Vanga doet dit volgens het 'Vanga Added-Value' concept: een actieve vorm van co-makership, waarbij voor individuele problemen wereldwijd altijd de meest doelmatige oplossing kan worden ge-

garandeerd. Het bedrijf telt twaalf werknemers, heeft een kwaliteitscertificaat volgens ISO 9002 en is 'hofleverancier' van onder andere Rank Xerox, Philips, Ericsson, Canon Business machines en Motorola (VS).

WIE LEVERT Elektro 1993 en WIE LEVERT Merken 1993/94

Dit jaar zijn de inkoopgidsen WIE LEVERT Elektro en WIE LEVERT Merken voor het eerst ook op diskette uitgebracht. Beide gidsen maken deel uit van de bekende WIE LEVERT serie die door Kluwer Technische Tijdschriften wordt uitgegeven.

In WIE LEVERT Elektro vindt u uitgebreide informatie over producten, leveranciers en merken op elektro(technisch) gebied. WIE LEVERT Merken biedt u het alom gebruikte merkenregister met vele duizenden alfabetisch gerangschikte merk- en handelsnamen en bijbehorende leveranciers.

Vanaf de diskette kunt u het bestand direct op uw dos-pc installeren. Snel en zonder omwegen vindt u vervolgens op uw beeldscherm de leverancier(s) van een bepaald produkt of merk.

Voor nadere informatie:

Kluwer Technische Tijdschriften B.V.
Margot Herbrink
Telefoon 05700 - 48 788.

Nieuwe NEN-bundels voor de werktuigbouw

Bij het Nederlands Normalisatie-instituut zijn twee nieuwe, zogenoemde NEN-bundels verschenen: NEN-bundel 1 (8e druk) met normen voor de werktuigbouwkunde en NEN-bundel 16 (1e druk) met normen voor werktuigbouwkundig tekenen. Elke bundel bevat vijftienveertig normen en biedt de gebruiker daarmee een compleet en handzaam overzicht van de normen (en praktijkrichtlijnen) op de twee onderscheiden gebieden.

Sinds het verschijnen van de 7e druk van NEN-bundel 1 (oktober 1989) is een groot aantal nieuwe normen op het gebied van de werktuigbouw gepubliceerd. Deze toename zou bij een nieuwe uitgave van deze bundel tot een te

grote omvang hebben geleid. Daarom zijn de normen voor het uitvoeren van technische tekeningen en voor toleranties en passingen opgenomen in de nieuwe NEN-bundel 16.

Om het zoeken naar normen te vereenvoudigen, zijn de normen in numerieke volgorde opgenomen. In de inhoudsopgave is een systematische indeling gegeven waarbij de normen naar onderwerp in groepen zijn verdeeld.

Bestellingen:

De NEN-bundels kunnen worden besteld door overmaking van onderstaande bedragen (inclusief btw en verzendkosten) op Postbanknummer 25301 ten name van het NNI in Delft onder vermelding van het gewenste. Of per fax 015 - 690 271 bij NNI-verkoop.

Kosten: NEN-bundel 1 en 16 ieder f 90,-, samen f 150,-; vanaf 1 januari 1994 respectievelijk f 100,- en f 175,-. Speciale korting wordt gegeven aan bedrijven die zijn aangesloten bij de Vereniging FME of de Metaalunie als zij hun bestellingen plaatsen bij deze branche-organisaties.

Nederlandse Onderzoek Databank

De Nederlandse Onderzoek Databank (NOD) bevat informatie over het lopend wetenschappelijk onderzoek in Nederland. Deze informatie geeft antwoord op vragen over wie wat waar doet in het Nederlandse wetenschappelijk onderzoekveld en is als zodanig van belang voor velen binnen en buiten de wetenschappelijke wereld. De databank is toegankelijk via SURFNET, Datanet of door middel van een telefoon/modem op de hostcomputer RCC-IVEV.

De databank bestaat uit:

- Projecten: 18.000 beschrijvingen van onderzoeksprojecten; deze omvatten een titel, meestal een samenvattende beschrijving, aanvangs- en geplande einddatum, trefwoorden en een classificatie.
- Namen: 5.000 namen van hoogleraren en universitaire hoofddocenten met adres en leeropdracht.
- Adressen: 4.000 adressen van onderzoekinstellingen.

Om de Nederlandse Onderzoek Data-

Verenigingsnieuws/Actueel

bank meer bekendheid te geven, is per 1 oktober een promotie-actie gestart. Deze actie houdt in:

- De NOD is gratis toegankelijk (tot 1 april 1994 voor iedereen, voor universiteiten tot 1 oktober 1995);
- Folders en posters worden verspreid om de doelgroepen te informeren over de mogelijkheden van het zoeken in de NOD.

De NOD wordt geproduceerd door: Het Nederlands Bureau voor Onderzoekinformatie NBOI, een instituut van de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen.
Bezoekadres: Kloveniersburgwal 29, Amsterdam
Postbus 997, 1000 AZ Amsterdam
Telefoon: 020 - 5 510 852
Fax: 020 - 6 276 050.

Fijnmechanische techniek in het HBO

Reeds enkele jaren heeft de afdeling Werktuigbouwkunde van de Hogeschool Venlo een afstudeerrichting **Fijnmechanische Constructietechniek** (naast Bedrijfsmechanisatie, Energietechniek en Produktietechniek). Dit betekent dat de studenten naast het basispakket van de werktuigbouwkundige vakken, gedurende 4 uren per week specifieke fijnmechanische vakken wordt aangeboden. Hierin komt onder andere aan bod: veren, koppelingen, kinematisch construeren, dynamisch gedrag van mechanismen.

Daarnaast is de Hogeschool Venlo recent gestart met de oprichting van een werkgroep **Mechatronica**. Hierin hebben zitting drie docenten van de Afd. Werktuigbouwkunde en drie docenten van de Afd. Elektrotechniek. Deze docenten beheersen de volgende vakgebieden:

- Fijnmechanische Constructietechniek,
- Meet- en Regeltechniek,
- Besturingstechniek,
- Ontwerpsystematiek,
- (Vermogens)elektronica,
- Computerarchitectuur.

Met studenten (stagiaires en/of afstudeerders) en docenten uit beide studierichtingen kunnen bepaalde problemen/projecten interdisciplinair worden

“aangepakt” om zodoende tot een optimaler resultaat te komen.

Voor nadere informatie:

Hogeschool Venlo
Ir. G. Heester
Postbus 141
5900 AC Venlo
Telefoon: 077 - 546 666.

Europese Machinerichtlijn CE-merk verplicht per 1 januari 1995

Sinds 1 januari 1993 is de Europese Machinerichtlijn van kracht. Dit betekent dat de lidstaten de import uit niet EG-landen van machines die van het CE-merk zijn voorzien, niet meer mogen weigeren. Met ingang van 1995 mogen nieuwe machines zonder CE-merk in geen enkel land meer worden verhandeld. Ook de EFTA-landen zullen deze richtlijn binnenkort in hun nationale wetgeving opnemen.

De Europese Commissie heeft inmiddels ook alle veiligheidscomponenten onder de richtlijn gebracht, ook als deze afzonderlijk in de handel worden gebracht. De Europese Commissie verstaat onder veiligheidscomponenten onderdelen die bedoeld zijn voor het vergroten van de veiligheid van een machine, zoals een beschermkap voor een zaagmachine.

Gebruiksaanwijzing

Binnen de EG-richtlijnen ligt de nadruk niet alleen op de technische eisen waaraan een produkt moet voldoen om als ‘veilig en niet schadelijk voor de gezondheid’ te kunnen worden aangemerkt. Om het CE-merk aan te mogen brengen, moet ook de gebruiksaanwijzing aan strenge voorwaarden voldoen. Het gaat daarbij niet alleen om de mogelijke gevaren bij normaal gebruik en onderhoud, maar ook om de installatievoorwaarden en de verschillende onderhoudsaspecten van de machine.

Bij de tekst en de presentatie van de gebruiksaanwijzing moet worden uitgegaan van het kennisniveau van de gebruiker. Het bedieningsvoorschrift moet opgesteld zijn in de taal van het land waar de machine wordt verkocht of in gebruik wordt genomen. Onderhoudsinstructies voor gespecialiseerd

personeel mogen in één van de talen van de EG zijn opgesteld. Deze taal moet dan wel toegankelijk zijn voor de doelgroep.

Voldoen aan de richtlijn

Voor het aanbrengen van het CE-merk moet de producent of importeur verklaren en aantonen dat het apparaat is geproduceerd volgens de veiligheidseisen van de desbetreffende richtlijn. Een producent of importeur moet er rekening mee houden dat een apparaat onder meer richtlijnen kan vallen. De fabrikant is zelf verantwoordelijk voor het op de markt brengen van een veilig produkt en moet ervoor zorgen dat de machine gekeurd is. Indien het gebruik van de machine voor het personeel weinig risico's oplevert, mag de fabrikant de machine zelf keuren. Machines met een verhoogd risico dienen te worden gekeurd door een Notified Body, een keuringsinstantie die is aangewezen door één van de lidstaten. In Nederland zijn drie instituten aangewezen voor keuringen in het kader van de Machinerichtlijn: TNO Certification in Apeldoorn, de Stichting Aboma in Ede en het Nederlands Instituut voor Lifttechniek in Amsterdam. Een producent mag evenwel ook een buitenlandse keuringsinstantie kiezen.

De voorschriften van de Europese machinerichtlijn zijn in de Nederlandse wetgeving in twee wetten ondergebracht. De regels waaraan machines voor huishoudelijk gebruik moeten voldoen, zijn neergelegd in het Warenwetbesluit Machines. Voor beroepsmatig gebruik geldt de Wet op de Gevaarlijke Werktuigen.

Informatie

Een brochure over deze richtlijn is verkrijgbaar bij afdeling Informatie en Nieuwvoorziening van het Ministerie van Economische Zaken, telefoon 070 - 3 798 820 of fax 070 - 3 797 287. Voor inhoudelijke advisering kunnen ondernemers zich wenden tot de brancheorganisaties, het Adviespunt Machinebouw van het Nederlands Normalisatie Instituut, telefoon 015 - 690 121 of de aangewezen keuringsinstanties: TNO Certification, telefoon 055 - 493 468; de Stichting Aboma, telefoon 08380 - 31 481 en het Nederlands Instituut voor Lifttechniek, telefoon 020 - 6 312 412

BUHRAL-KLN bouwt geheel naar klantwens machines die elke kunststofverbinding naadloos tot stand brengen. Een volledig droge techniek.

Perfectie in kunststof verbindingen

Verbinden van thermoplasten d.m.v.



Ultrasoon-techniek



Heetspiegel-techniek



Vibratie-techniek



Rotatie-techniek

Voor meer informatie, ook over **ULTRASOON REINIGEN:**

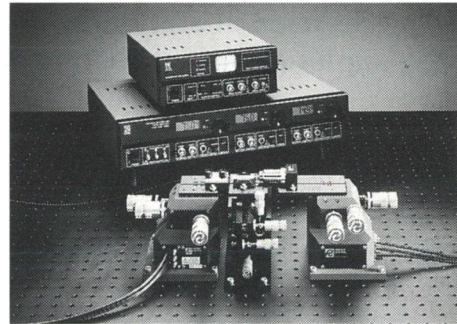


buhral - kln b.v.

Nijverheidsweg 60 - 3812 PM Amersfoort
Tel. 033-630544 - Fax 033-631530

MELLES GRIOT

Optics - Lasers - Instruments



Fiber Couplers, -Launchers, -Positioners

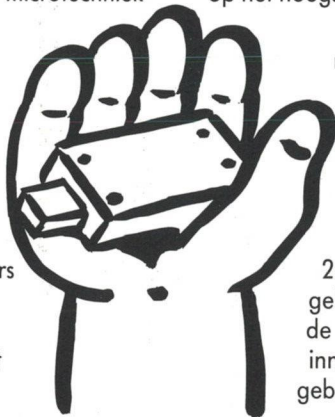
Ons leveringspakket omvat een grote variatie aan translatie- en rotatie systemen voor nauwkeurige positionering.

U kunt geheel vrijblijvend informatie bij ons opvragen, ons adres is:

Melles Griot B.V.
Postbus 22, 6900 AG Zevenaar
Telefoon: (+31) 8360 - 33041
Telefax: (+31) 8360 - 28187

Ze liggen in de hand als speeltjes, de miniatuurgeleidingen uit het Koch Kleeberg assortiment. Maar wat u feitelijk in handen hebt, is een lineair precisie produkt voor microtechniek op het hoogste niveau.

Van Koch Kleeberg mag u niet anders verwachten. Als dienstverlenende toeleveranciers bedienen wij de Benelux met het meest complete



mechatronica assortiment voor lineaire bewegingstechniek. Waaronder de meer dan 200 miniatuurgeleidingen van de Amerikaanse innovator op dit gebied: Del-Tron.

Voor wie meer wil weten hebben wij uitgebreide documentatie beschikbaar, alsook de 10 minuten Del-Tron video 'Precision Linear Motion'. De lineair specialisten van Koch Kleeberg bereikt u op nummer **036 • 532 05 04.**



KOCH KLEEBERG

Postbus 1069 • 1300 BB Almere • tel. 036 • 532 05 04 • fax 036 • 532 25 48

creatief in lineaire bewegingstechniek



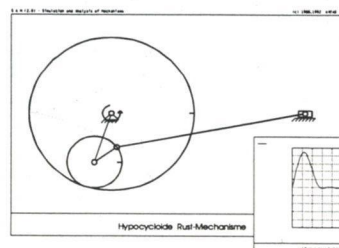
ITTER
ELECTRONICS BV

- * Ombouw van conventionele machines
 - * Levering van speciale besturingen
 - * Modernisering van oude (C)NC besturingen
 - * CNC freeswerk op moderne machines
 - * Bewerkingscentrum met ITTER CNC
 - * Eigen meetkamer
- CNC BESTURINGEN (computer numerical control) en fijnmechanische bewerking
- Nijverheidsstraat 7
7772 TP Hardenberg Holland
Tel. 05232 - 60140,
Fax 05232 - 63855

MECHANISMEN ANALYSE OP DE PC

SAM 2.1

Analyse van willekeurige stangen-, riemen en planetaire mechanismen



...eenvoudig uniek !!

v.a. hfl. 599,-

* Ondernwinst. : hfl. 250,-
Studenten : hfl. 75,-
Demo : hfl. 10,-

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

PRECISIE OPTISCHE COMPONENTEN

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

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



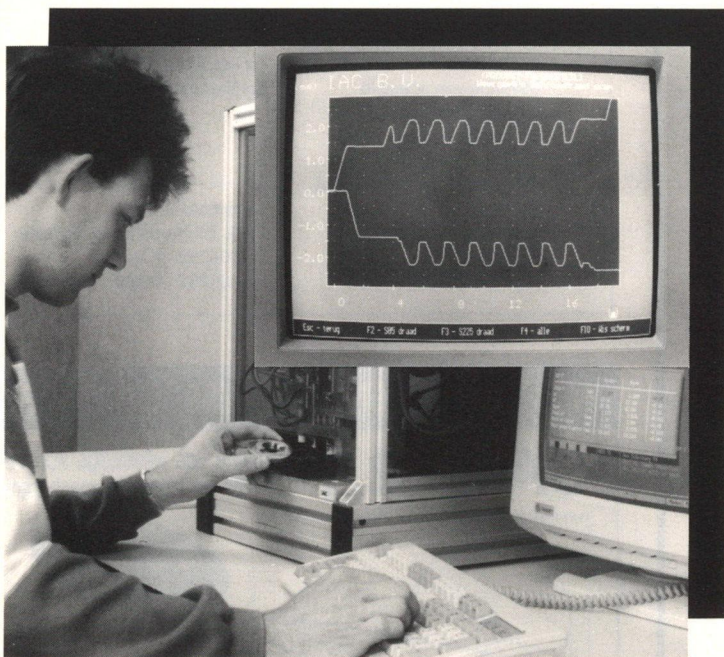
STABILIX B.V.

Burg. Hovylaan 84

2552 AZ DEN HAAG

tel. 070 - 3970061 fax 070 - 3979321

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

Het vormgeven van glas met chemische etstechnieken

G.A.C.M. Spierings

Door de voortgaande miniaturisatie in de elektronische en optische industrie zijn ook voor glas technieken beschikbaar gekomen waarmee dit materiaal op micrometerschaal vormgegeven kan worden. Op dit gebied biedt het etsen van glas – dit is het verwijderen van materiaal via een chemische reactie – een aantal interessante mogelijkheden.

In dit artikel worden drie etstechnieken beschreven: nat-chemisch etsen in fluorwaterstofzuur; plasmaetsen en etsen van fotogevoelig glas. Deze methoden worden toegepast in combinatie met fotolithografische technieken. Verder wordt ingegaan op de resultaten die met deze etstechnieken kunnen worden bereikt qua maatvoering en toleranties. Enkele toepassingen worden nader toegelicht.

Inleiding

Bij het afkoelen van glas uit de gesmolten toestand neemt de viscositeit op een zeer specifieke wijze geleidelijk toe, totdat het materiaal verstart tot een vaste stof. Deze unieke eigenschap maakt het mogelijk om glas vanuit de vloeibare fase in complexe vormen te brengen. Vaak gebeurt dit rechtstreeks vanuit de glassmeltoven zoals bij vensterglas, TV-schermen, flessen, gloeilampballonnen, maar ook via opnieuw verwerken zoals bij het maken van glas-instrumenten.

Voor het nabewerken van glas is een veelheid van technieken beschikbaar [1]. De belangrijkste zijn:

- mechanische bewerking zoals zagen, slijpen en boren;
- technieken waarbij gebruik wordt gemaakt van lasers, waterstralen en poederstralen (zogenaamde bundeltechnieken);
- etstechnieken zowel nat in oplossingen van fluorwaterstofzuur als droog in plasma's.

Het nat-chemisch etsen van glazen voorwerpen is al een oude techniek die

veel wordt toegepast om een glasoppervlak te matteren zoals de binnenzijde van een gloeilampballon of als een graveertechniek om een afbeelding op het glasoppervlak aan te brengen. Door de voortschrijdende miniaturisatie van elektronische en optische componenten en systemen wordt het noodzakelijk om materialen, dus ook glas, te bewerken tot structuren met typische maten en toleranties die komen te liggen in het micrometergebied. De toepassing van chemische etstechnieken schept in dit vakgebied een aantal nieuwe technologische opties voor het materiaal glas, vooral in combinatie met fotolithografische processen.

Vormgeven via fotolithografische processen

Het vormgeven van een glasproduct via een etsproces vindt plaats door plaatselijk materiaal van het oppervlak op te lossen. Daartoe moet het glas

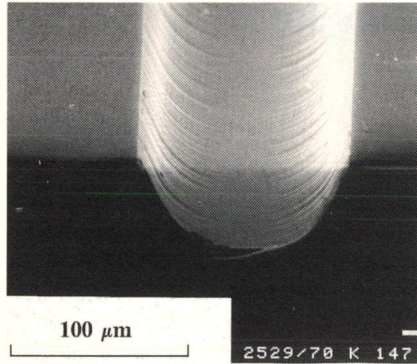


Figuur 1. Het fotolithografische proces zoals dat wordt toegepast om een groef in een glassubstraat te etsen.

worden afgeschermd op die plaatsen waar het niet mag worden geëtsd. Voor grove structuren kan men dit bereiken door afplakken met resistent plakband of met bijenwas. Wanneer echter zeer kleine details met een grote nauwkeurigheid moeten worden geëtsd zijn fotolithografische technieken onontbeerlijk om het afschermmateriaal plaatselijk aan te brengen. Dergelijke fotolithografische processen zijn basistechnologieën in de fabricage van elektronische geïntegreerde schakelingen (IC's).

De fotolithografie wordt hier geïllustreerd aan de hand van het in figuur 1 getoond praktijkvoorbeeld: het nat-chemisch etsen van een halfcirkelvormige groef in een pyrex glasplaatje. Een dergelijk plaatje waarvan het oppervlak geëtsd wordt zal hier verder substraat worden genoemd. Er wordt uitgegaan van een vlak, goed gepolijst glassubstraat (1). Hierop wordt een dunne metaallaag, bijvoorbeeld $0,2\mu\text{m}$ chroom, via sputteren aangebracht (2). Deze laag moet resistent zijn tegen fluorwaterstofzuur (HF). Op het chroom wordt een lichtgevoelige fotolaklaag aangebracht bijvoorbeeld via een spinproces of als een plakfolie (3). De glasplaat wordt onder een ultraviolette (UV) lichtbron gelegd waarbij tussen substraat en lichtbron een masker wordt geplaatst dat het UV-licht doorlaat op die plaatsen waar later het glas geëtsd moet worden (4). Door het belichten met UV-licht verandert de chemische structuur van de fotolak zodat het belichte deel kan worden verwijderd met een oplosmiddel (5). Daarna wordt de blootgelegde chroomlaag (6) opgelost. De resterende fotolak, die minder goed bestand is tegen HF, wordt verwijderd met aceton (7). Nu kan het glas zelf (isotroop) worden geëtsd, en wel alleen op die plaatsen waar het glas niet door de chroomlaag is afgedekt (8). Nadat geëtsd is wordt het resterende chroom opgelost en is de gewenste groef gerealiseerd (9). Een elektronenmicroscopieopname van een op bovenstaande wijze in een pyrex

Het vormgeven van glas met chemische etstechnieken



Figuur 2. Een dwarsdoorsnede van een halfcirkelvormige groef geëtsd in pyrex glas volgens de in figuur 1 getoonde procedure.

glassubstraat geëtsde groef is te zien in figuur 2.

Het bovenstaande proces is slechts een voorbeeld van de vele varianten aan fotolithografische processen die momenteel ter beschikking staan.

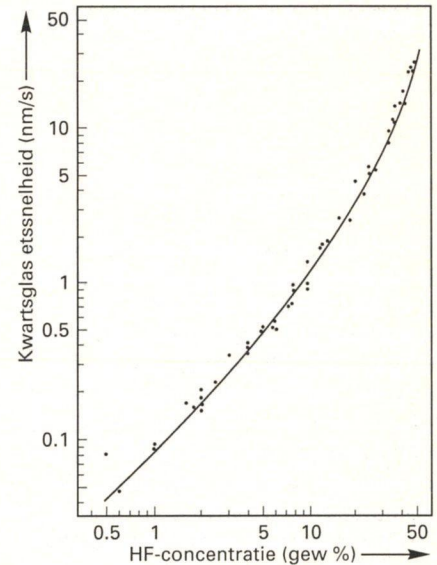
Met behulp van bijvoorbeeld lithografie waarbij gebruik gemaakt wordt van licht, kunnen structuren gerealiseerd worden met minimum afmetingen van circa 1 micrometer. Voor nog kleinere structuren moet worden overgestapt naar een lithografische methode die gebruik maakt van elektronenbundels. In een elektronenstraalbelichter, zie fi-

guur 3, wordt een bundel elektronen gefocuseerd op de te "belichten" laag elektronengevoelige lak die op het substraat is aangebracht. Een elektronenbundel kan worden gefocuseerd tot een vlek kleiner dan 50 nm. Hierdoor is het mogelijk structuren in het elektronengevoelige lakpatroon te maken met maatvoeringen kleiner dan 100 nm en die vervolgens in het glas te etsen. Referentie [2] geeft een uitgebreidere beschrijving van deze techniek die hier niet verder wordt behandeld.

Fotolithografische etstechnieken worden op veel plaatsen in de fabricage binnen de elektronische industrie toegepast zoals voor geïntegreerde circuits (IC's), printplaten, schaduwmaskers voor beeldbuizen en voor vloeibare kristal displays (LCD's).

Het vormgeven van glas via etstechnieken

In grote lijnen zijn drie verschillende methoden te onderscheiden die kunnen worden toegepast om een glasproduct te structureren: nat-chemisch etsen, plasmaetsen en het etsen van fotogevoelig glas. De specifieke mogelijkheden van deze methoden zullen achterenvolgens aan de orde komen.



Figuur 4. De etssnelheid [in nm/s] van kwartsglas (SiO_2) als functie van de concentratie van fluorwaterstofzuur (HF).

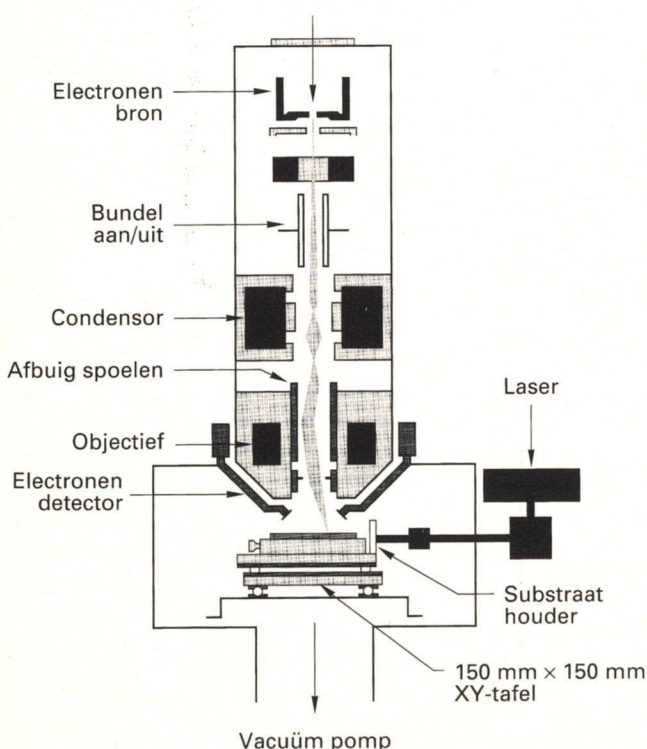
Nat-chemisch etsen

Alleen fluorwaterstofzuur bevattende oplossingen zijn in staat om glas met een redelijke snelheid te etsen, en kunnen dus voor het vormgeven worden gebruikt. De snelheid waarmee het glas geëtsd wordt hangt af van de samenstelling van de etsvloeistof, zoals de HF-concentratie, zie figuur 4, en toevoegingen zoals van zuren. Zoals te zien is in tabel 1 hangt de etssnelheid ook af van de samenstelling van het glas [3]. Zo etst kwartsglas circa 50x langzamer dan een natronkalkglas zoals vensterglas.

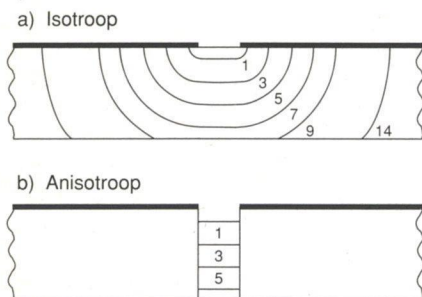
Een typische procedure zoals gebruikt wordt voor het nat-chemisch etsen is al beschreven in het vorige hoofdstuk, zie figuur 1. Bij dit proces lost het glas in alle richtingen even snel op. Dit *isotroop* etsgedrag, figuur 5a, leidt ertoe dat een geëtsde structuur circa twee keer de etddiepte breder wordt. Verder zijn de randen van het geëtsde gebied afgerond.

Glassoort	Etssnelheid ($\mu\text{m}/\text{min}$)
Kwartsglas	0,06
Pyrex	0,14
B270 glas	2,0
D263 glas	0,8
Natronkalkglas (LOB)	3,0

Tabel 1. Etssnelheid van een aantal technische glazen in een 10% HF-oplossing.



Figuur 3. Schematische opbouw van een elektronenstraalbelichtingsmachine. De elektronenbundel wordt door de condensor en afbuigspoelen gericht en door het objectief gefocuseerd op het substraat met daarop de elektronengevoelige lak. Aldus kunnen patronen kleiner dan $0,1 \mu\text{m}$ worden afgebeeld.



Figuur 5. Schematische voorstelling van (a) isotroop en (b) anisotroop etsgedrag. De getallen geven de relatieve etstijd aan.

Betere controle over de vorm en maatvoering wordt verkregen met een etsproces waarbij aan de rand van de geëtsde structuur loodrechte wanden worden gerealiseerd, zoals te zien is in figuur 5b. Dit *anisotroop* etsen wordt gerealiseerd via twee hieronder beschreven processen: plasmaetsen en het etsen van fotogevoelig glas.

Plasmaetsen

Het etsen van materialen in een lage-drukplasma is een technologie die de laatste jaren een grote vlucht heeft genomen. Met name is dit het geval in de IC fabricage, waar met plasmaetsen onder andere de kwartsglaslagen op siliciumplakken worden gestructureerd. In figuur 6 is de schematische opbouw van een veel gebruikt type plasmaetsmachine te zien. Het systeem bestaat uit een vacuümketel waarin het etsgas wordt geleid. Hierin bevinden zich

twee parallelle platen waarop een hoogfrequente wisselspanning van 13MHz staat die het plasma tussen de platen opwekt. In dit plasma vallen de moleculen van het gas dat in het systeem worden gebracht in zeer reactieve componenten uiteen zodat een reactief plasma ontstaat. Om glas te kunnen etsen moeten fluor bevattende moleculen in het plasma worden gebracht, zoals CF_4 , CHF_3 , NF_3 of SF_6 . Bij een variant van het plasmaetsen wordt op de onderste plaat, waarop het te etsen glas-substraat ligt, een extra negatieve spanning gezet. Hierdoor zullen de reactieve, positief geladen fluor bevattende ionen vanuit het plasma de onderste plaat bombarderen. Door dit ionenbombardement wordt het glas alleen recht onder de opening in de maskeringslaag geëtsd. Met deze methode, die *Reactief Ionen Etsen* (= RIE) wordt genoemd, wordt dus het gewenste, loodrechte anisotrope etsprofiel in het glasoppervlak verkregen zoals is aangegeven in figuur 5b.

Figuur 7 laat een voorbeeld zien van een met RIE gerealiseerde structuur in een kwartsglasoppervlak. Deze elektronenmicroscopieopname toont een laterale Y-vormige groef met een diepte van $6 \mu m$ en een breedte van $10 \mu m$. Verder is te zien dat met RIE de geëtsde groef perfect loodrechte wanden heeft waardoor zelfs zeer dunne scheidingswanden blijven staan. Na opvullen van deze groef met een glas met een hoge-

re brekingsindex wordt een optische component verkregen waarmee licht uit een optische vezel wordt verdeeld over twee tegenoverliggende vezels.

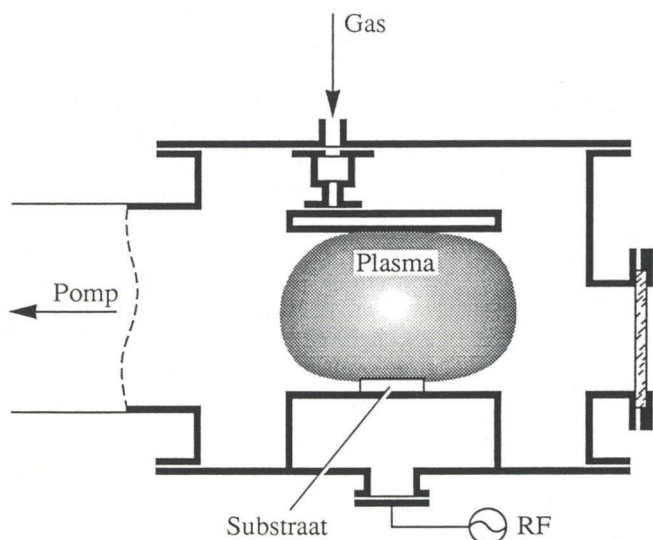
Door het anisotroop etsgedrag wordt de minimum grootte van de structuren die met RIE getst kunnen worden bepaald door de grenzen van de fotolithografie. Door met elektronenstraallithografie te werken zijn zelfs submicrondetails te realiseren. Vergeleken met nat-chemisch etsen zijn de etssnelheid van RIE processen en vergelijkbare plasmaetsprocessen laag, tussen 0,1-1 nm/s. Hierdoor ligt de in de praktijk maximaal te etsen diepte in de orde van $10 \mu m$.

De aanschaf van plasmaetsapparatuur vergt hoge investeringen vergeleken met nat-chemisch etsen. Men moet hierbij denken aan prijzen per apparaat van f 100.000 tot f 1.000.000.

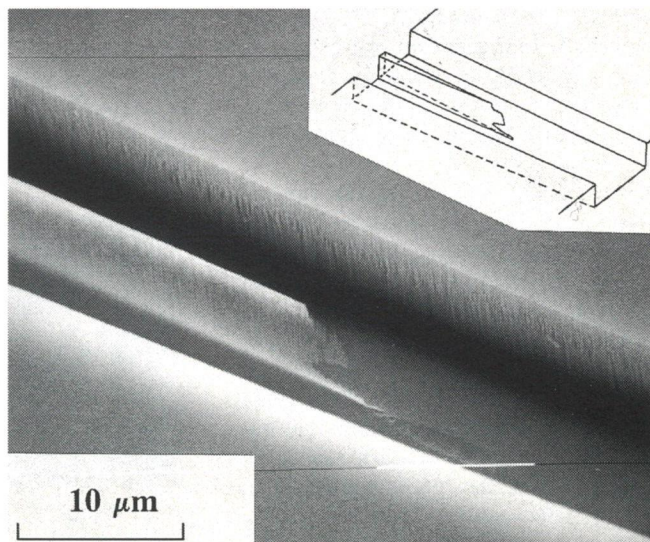
Fotogevoelig glas etsen

Glas dat onder invloed van licht van *structuur* verandert is in de jaren vijftig en zestig uitgebreid door Corning onderzocht. Een van de hieruit voortkomende producten is een glas dat zeer goed toepasbaar is voor het etsend vormgeven. Het hiervoor ontwikkelde proces staat schematisch weergegeven in figuur 8.

Er wordt uitgegaan van een substraat gemaakt van een silicaatglas dat veel lithiumoxyde bevat. Daarnaast zijn in dit glas kleine hoeveelheden zilver (Ag^+) en cerium(Ce^{3+})ionen opgelost

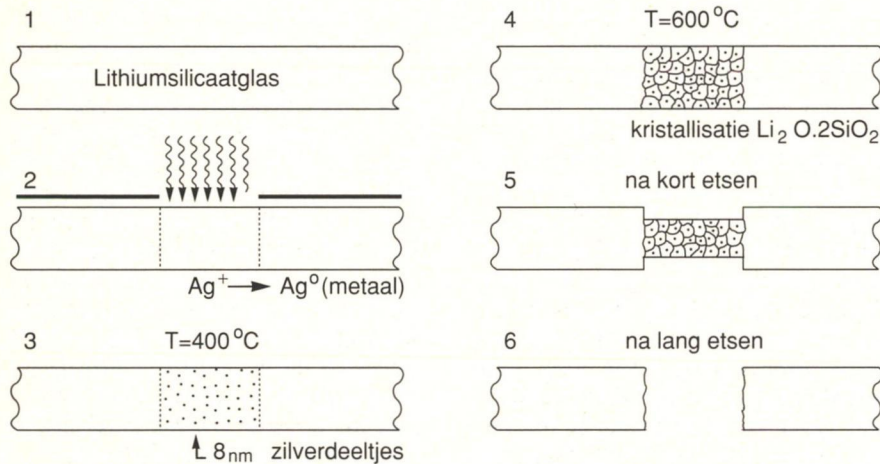


Figuur 6. Schematische opbouw van een plasmaetser van het RIE type. Voor de beschrijving zie de tekst.



Figuur 7. Een met reactief ionen etsen (RIE) gemaakte Y-vormige groef (diepte $6 \mu m$, breedte $10 \mu m$) in het oppervlak van een kwartsglassubstraat.

Het vormgeven van glas met chemische etstechnieken



Figuur 8. Het principe van het etsproces in een fotegevoelig glassubstraat.

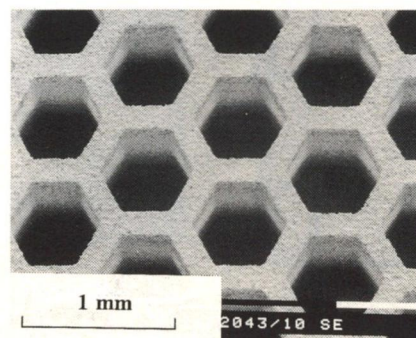
die zorgen voor de lichtgevoeligheid (1). Als dit substraat via een masker wordt belicht met UV-licht worden alleen op die plaatsen waar later geëts moeten worden de opgeloste zilverionen omgezet in zilveratomen (2). Als vervolgens het glas op $400^\circ C$ wordt gebracht diffunderen de zilveratomen naar elkaar en vormen kleine 8 nm grote zilverdeeltjes (3). Op $600^\circ C$ zullen op deze zilverdeeltjes vanuit het glas lithiumsilicaat kristallen groeien en het glas kristalliseert plaatselijk uit. Dit gebeurt dus alleen daar waar het glas via het masker is belicht (4). Deze kristallen zijn veel beter oplosbaar in fluorwaterstofzuur dan het oorspronkelijke glas zodat het gekristalliseerd materiaal selectief kan worden weggeëts terwijl het glas achterblijft (5). Op deze wijze is het mogelijk om nat-chemisch toch anisotroop te etsen (6). Figuur 9 toont als voorbeeld een hexagonale honingraatstructuur die in een fotegevoelig glas is geëts.

Een voordeel van het gebruik van het fotegevoelig glas etsproces is dat hierbij tijdens het etsen zonder fotolak of andere maskerslagen gewerkt kan worden. Omdat de kristallijne fase snel oplost in de HF-oplossing is de etssnelheid hoog (tot $500\mu m/uur$) vergeleken met het nat-chemisch etsen. Deze hoge etssnelheid maakt de methode met name geschikt om producten te realiseren waarbij door het glassubstraat heen geëts moet worden. Dit is mogelijk, zelfs voor relatief dikke glasplaten, tot 5mm. Vergeleken met RIE zijn de minimaal realiseerbare dimensies groot,

ca. $50\mu m$. Verder kan maar één glas-soort op deze wijze geëts worden waardoor niet kan worden geprofiteerd van de grote variatie in eigenschappen binnen de materiaalgroep glas. Als het via etsen verkregen glasvoorzep in zijn geheel weer wordt belicht met UV-licht en op $600^\circ C$ wordt verhit kristalliseert het glasproduct in zijn geheel uit en wordt een glaskeramisch product verkregen.

Etsstechnologie

Het etsen van glas om kleine structuren te realiseren gebeurt in combinatie met een fotolithografisch proces. Omdat de afmetingen en toleranties van deze structuren in het micrometer gebied liggen is het noodzakelijk om, zoals in de IC industrie, te werken in een stofarme omgeving. Bij het nat-chemisch etsen wordt gewerkt met HF bevattende etsbaden; bij het plasmaetsen met reactieve gassen. Daarom is het een noodzaak dat de vereiste bescher-



Figuur 9. Een in een fotegevoelig glassubstraat geëtsde honingraatstructuur.

mingsmaatregelen worden genomen zoals zuurkasten en gas-opvangsystemen. De voor het nat-chemisch etsen noodzakelijke HF-oplossingen moeten vanwege milieutechnische redenen met zorg worden behandeld. Bij gebruik van grote hoeveelheden zoals in de IC-industrie is recycling van het HF bevattende zuur noodzakelijk.

Om de structuren met dimensies tot op het micrometerniveau te kunnen realiseren is fotolithografische apparatuur zoals belakings- en belichtingsmachines noodzakelijk.

De hierboven beschreven productieomgevingen vergen hoge investeringen en zijn daarom met name beschikbaar voor massaproductieprocessen zoals voor IC's.

Fotolithografische technieken zijn om een aantal redenen aantrekkelijk in vergelijking met de meer mechanische bewerkingstechnieken:

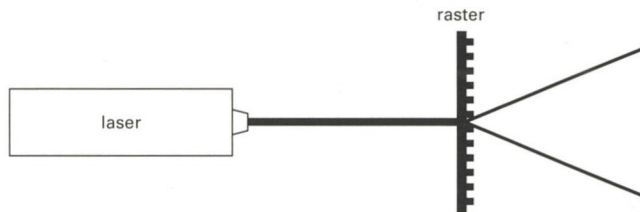
- Omdat via een masker een afbeelding wordt gemaakt in de maskeringslaag, is het mogelijk om in een keer de gehele, en soms complexe structuur op het glassubstraat af te beelden en die vervolgens in het substraat te etsen.
- Identieke patronen kunnen meermalen naast elkaar op een glassubstraat worden afgebeeld. Daarna wordt het geëtsde substraat opgedeeld in de afzonderlijke producten oftewel chips, bijvoorbeeld door zagen. Op deze wijze kan in een etsprocesstap een groot aantal identieke producten worden gerealiseerd.
- Met name via elektronenstraalbelichten en plasmaetsen kunnen submicrometer structuren in het glasoppervlak worden geëts op een reproduceerbare wijze.

Verder kan nog worden opgemerkt dat dit soort etsprocessen een onbeschadigd bewerkt oppervlak oplevert omdat er geen microscheuren in het oppervlak worden gevormd zoals die optreden bij mechanische bewerkingen. Hierdoor wordt de kans op scheurvorming en breuk in het product aanzienlijk verminderd.

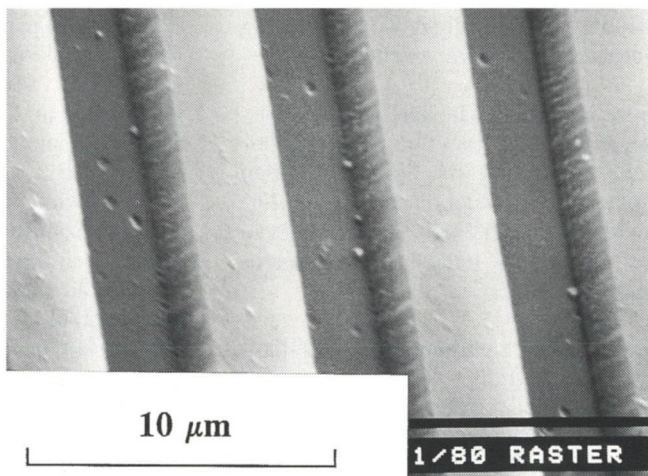
Toepassingen

Het etsen van glas volgens een van de drie bovenstaande methoden heeft een beperkt aantal toepassingsgebieden ge-

Figuur 10. Principe van de toepassing van een optisch raster voor het splitsen van een laserbundel.



Figuur 11. Elektronenmicroscopieopname van een met RIE geëtste rasterstructuur in kwartsglas.



vonden. Nat-chemisch, en in toenemende mate plasmaetsen worden als een standaardtechniek zeer uitgebreid toegepast, bijvoorbeeld voor het etsen van kwartsglasisolatielagen die worden aangebracht op siliciumplakken voor de fabricage van IC's.

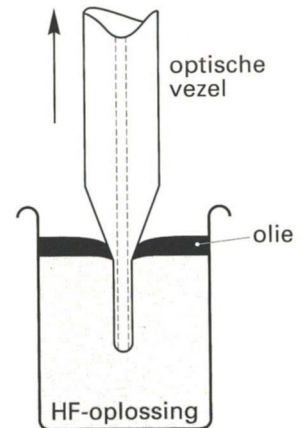
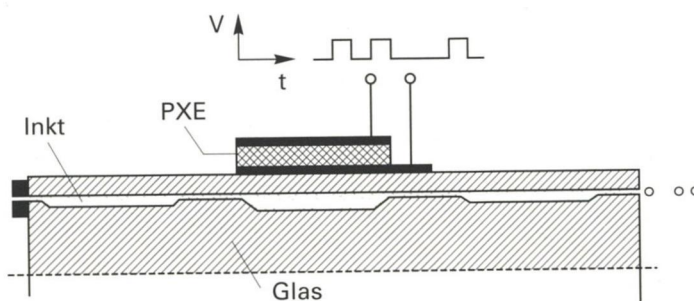
Andere toepassingen van het etsen van glas zijn:

- De realisatie van optische rasters die bijvoorbeeld worden toegepast in systemen voor het splitsen van laserbundels zoals te zien is in figuur 10. Deze rasters worden gerealiseerd door RIE omdat de loodrechte wanden aan de etsranden, zie figuur 11, een vereiste zijn en de toleranties $< 1 \mu\text{m}$ bedragen;
- Gatenstructuren geëtsd in fotogevoeilig glas voor een aantal toepassingen zoals bijvoorbeeld elektronische componentendragers of spuitope-

ningen in inkjet printers;

- Het etsen van optische vezels om daaruit optische componenten te realiseren. Dit gebeurt door de optische vezel langzaam uit een HF-oplossing te trekken zoals te zien is in figuur 12. De HF-oplossing is bedekt met een olielaagje waardoor het etsen van het glas op een goed gedefinieerde manier gebeurt.
- Het nat-chemisch etsen van een structuur in een glassubstraat waaruit een bepaald type kop voor inkjet printen kan worden gemaakt. Het principe van dit product is te zien in figuur 13. Na het etsen wordt op het geëtsde substraat een tweede glasplaat aangebracht, bijvoorbeeld via anodisch bonden met daarop het piezoëlektrisch element. Recentelijk is een op deze wijze ook een geïntegreerde gaschromatograaf gemaakt [4].

Figuur 13. Principe van een inkjet-kop gebaseerd op nat-chemisch etsen van glas. Het PXE is een piezoëlektrisch element dat door spanningpulsjes vervormt en aldus de inkttruppels vormt.



Figuur 12. Opstelling om een optische vezel nat-chemisch te etsen.

Conclusies en slotopmerkingen

Glas kan met verschillende chemische etstechnieken in combinatie met fotolithografie gestructureerd worden tot producten met dimensies die liggen tot in het micrometer gebied. Gecombineerd met elektronenstraalbelichten kan dit worden uitgebreid tot submicron dimensies. De huidige toepassingen zijn echter beperkt tot enkele specifieke producten. Het betrouwbaar realiseren van dergelijke chemisch geëtsde producten vereist een clean room infrastructuur en dure procesapparatuur. Dit vormt een barrière voor de verdere ontwikkeling van deze technologie voor zeer specifieke toepassingen. Daarnaast is noodzakelijk in het ontwerptraject van (glas)producten kennis aanwezig komt over de mogelijkheden om deze methoden te benutten.

Literatuur:

- [1] Zie: Vademecum voor de glastechniek, onder redactie van P.Heller, J. Vervest en H. Wilbrink, Kluwer, Deventer, 1992.
- [2] A.A. van der Veeke; PT/Elektrotechniek Elektronica 41 No.8p.28, 42 No.1 p.33, 42 No.5 p. 43.
- [3] U. Biermann en J.J. van Hoof, Etssnelheid van glas in verschillende etsmiddelen, Mikroniek 44 (1984) p. 21.
- [4] D.J. Harrison, K. Fluri, K. Seiler, Z.Fan, C.S. Effenhauser, A. Manz; Science 261 (1993) p. 895

Auteursnoot

De auteur G.A.C.M. Spierings is werkzaam bij Philips Research Laboratories te Eindhoven. Dit artikel is geschreven naar aanleiding van een voordracht door de auteur op de themadag "Glastechnologie" in het Mikrocetrum te Eindhoven op 29 april j.l.

Plaatsbepaling van assen in wentellagers, consequenties voor de afrolling van wrijvingswielen

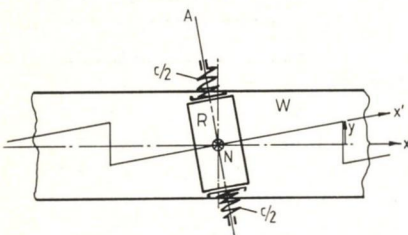
Constructies voor het nauwkeurig bewegen en positioneren (15)

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

Het spoorprobleem

Het lageren van wrijvingswielen en rollen verdient bijzondere aandacht. De situatie in figuur 168 is die van figuur 170: R is de rol en W is het wiel. De wielas A dient zuiver loodrecht te staan op de rijrichting x . Zoniet, dan rolt het wiel in de richting x' (\angle as A) totdat de lagerconstructie, met axiale stijfheid c , zover is ingedrukt (y) dat $c y > \mu N$ (N is de normaalkracht). Daarna slijpt het wiel terug en ontstaat de in de figuur aangegeven zaagtandbeweging.

Bij voorkeur treedt dwarsslip op, op een ogenblik in de machinecyclus (he- laas steeds op dezelfde plaats) dat N een relatief lage waarde bereikt. Er zal



Figuur 168

zich op die plaats slijtage aftekenen en de zorgvuldig geconstrueerde rechtgeleiding of wrijvingswielaandrijving vertoont een andere voorkeurstand.

In zeer geringe mate kan het snelheidsverschil in dwarsrichting door elastische vervorming in het contact worden opgenomen, zonder dat het tot volledige slip hoeft te komen. In een deel van het contactvlak treedt dan wel microslip op.

Nokrollen, zie figuur 169a, zijn nooit exact evenwijdig met de nokas. De nokrollen zouden dus in een schroeflijn willen afrollen. De zijdelingse stijfheid van de hefboom verzet zich daartegen: de rol slijpt periodiek terug (in axiale richting) met name op de momenten dat de aanlegdruk relatief klein is. Men heeft dan kans op slijtplekken op de nok op de plaatsen A, in plaats van de in geval van hoge nokrolbelasting eerder te verwachten "pitting" op de plaatsen B.

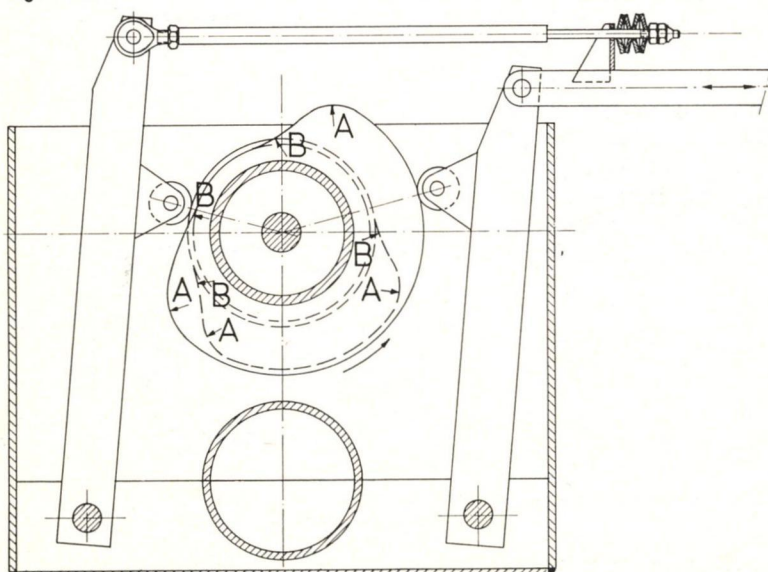
Als de hefboom zijdelings zeer stijf is kan hij de uitwijking niet opsparen tot een laagbelaste plaats A voorbij komt en slijpt de rol voortdurend. Bij de voor

nokrollen in zuivere afrolling nog toelaatbare vlaktedruk is een gemiddelde zijdelingse slipsnelheid in de orde van 10 mm/sec al vaak funest.

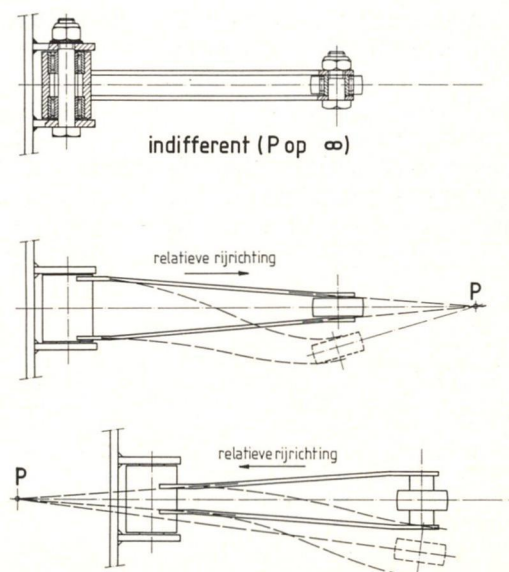
Afhankelijk van onder andere de smeertoestand kunnen dan 1 tot 10 mm³ materiaal per uur van de nok en nokrol afslijten. Dit dwingt ons om vooral bij hoge afrolsnellheden (dus bij grote nokschijfdiameter en bij snellopende machines) de drie betrokken assen (nokas, nokrolas en hefboomass) goed parallel te monteren.

Meestal zijn er veel onderdelen en dus opteltoleranties in het geding. Om dan toch een evenwijdigheid van 10^{-3} tot 10^{-4} [rad] te kunnen realiseren zal men eventueel moeten zorgen voor instelmogelijkheden en een instelvoorschrift met de bijbehorende meetmogelijkheden. Het is evenwel heel lastig om de evenwijdigheid van korte ontoeganlijke asstompjes te meten.

Er is verschil tussen de toestand bij de rechter rol en hefboom in figuur 169a en die bij de linker. Als de zijdelingse stijfheid in de hefboom het toelaat, loopt de rechterrol over de (van de hefboomlagering af draaiende) nokschijf zoals een caravan achter een auto.



Figuur 169a



Figuur 169b boven, c midden, d onder.

Onevenwijdigheid van de assen leidt tot een zijdelingse afwijking, waarbij de hoekfout van de nokrolas afneemt zodat de toestand zich stabiliseert en de rol in een vast spoor gaat lopen. De linker rol daarentegen is in een instabiele toestand zoals een caravan bij achteruitrijden; hoe groter de zijdelingse uitwijking wordt, hoe groter de scheefstand van de assen.

Wanneer men zeker weet dat de machine nooit achteruit zal draaien, dan kan men een goede poolligging combineren met een lage zijdelingse hefboomstijfheid. Het instelgebied is dan groot en uitgaand van grof getolereerde onderdelen en vlotte montage zonder in- en afstellen is men toch verzekerd van een slipvrije stabiele loop.

Een hefboom uit twee staalplaten combineert zeer hoge stijfheid van het eigenlijke nokmechanisme met zeer lage dwarsstijfheid.

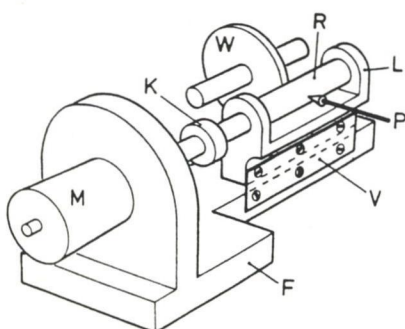
Door de hefboom als stangenmechanisme te beschouwen kan men de helling van de zijplaten zo kiezen dat de pool aan de gewenste kant komt te liggen; zie de figuren 169b, c en d.

Wrijvingswieloverbrengingen

Figuur 170 toont het principe. De rondselas R wordt door de voorspanveer tegen het wiel W gedrukt. De koppeling K laat kleine dwarsverplaatsingen van R toe.

Bij dit soort constructies treedt het spoorprobleem ten volle op. Zorgvuldig construeren met het doel de assen evenwijdig te houden is dan een vereiste.

Hieronder volgt een voorbeeld, de aandrijving van een precisie-goniometer.



Figuur 170. [A.J.J. Franken]

In de slede is een wrijvingswieloverbrenging ingebouwd. Bij het aanbrengen van de voorspanning tussen de wrijvingswielen zijn de assen door middel van elastische scharnieren in de zijplaten evenwijdig gehouden.

Figuur 171a toont de wagen met zijn looprollen en (elastisch) voorspanmechanisme.

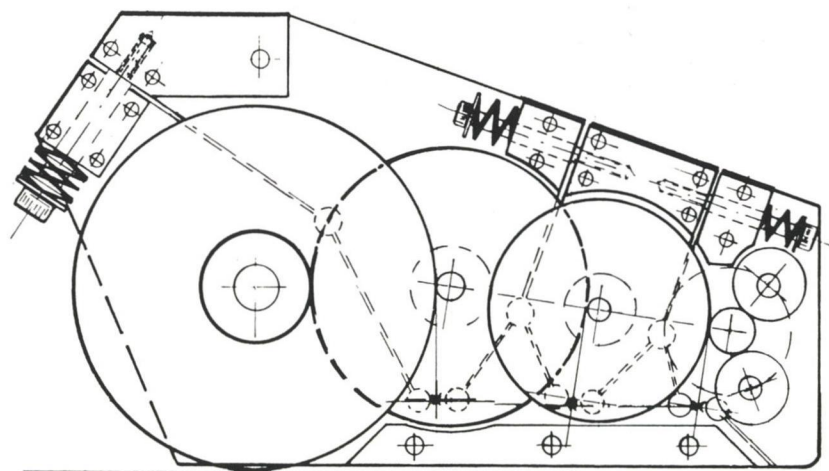
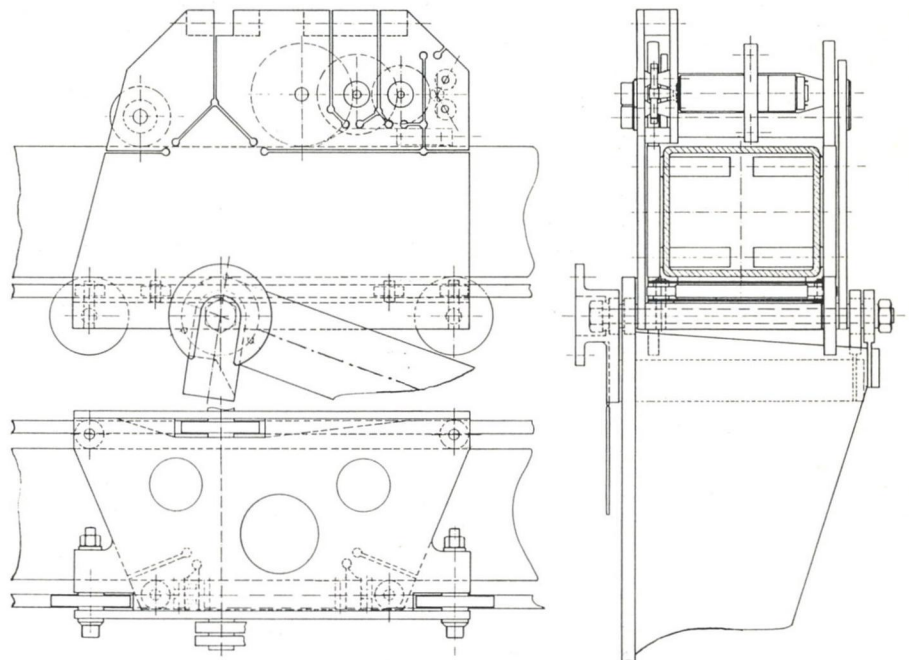
Figuur 171b geeft de aandrijving van de wagen door middel van servomotor en wrijvingswielvertraging weer.

Hier is nauwkeurige paralleliteit van de assen essentieel: de kleinste scheefstand kan al tot axiale slip leiden, met eventueel zelfs sterke slijtage.

De beide lagerplaten zijn gezamenlijk geboord en geruimd en zodanig van elastische scharnieren voorzien dat in elk contactpunt de contactkracht kan worden ingesteld door voorspanning in een veerpakket in hetzelfde axiale vlak, met behoud van de evenwijdigheid der assen.

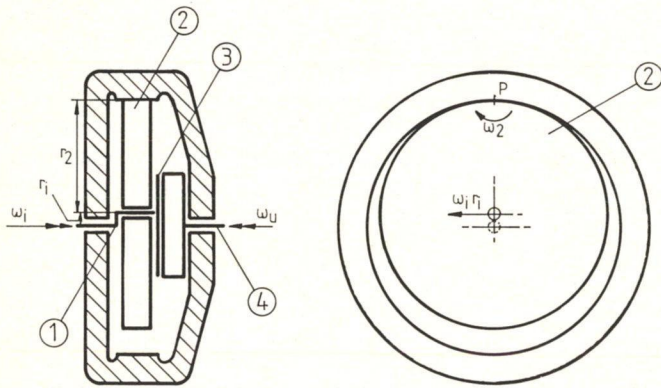
Grote reducties als in figuur 171b (bijvoorbeeld 1:80) kunnen ook in één trap worden gerealiseerd zie figuur 172.

De kruk (1) heeft een omtreksnelheid $\omega_1 r_1$. Voor het wiel (2) geldt dat P de momentane pool is. De hoeksnelheid



Figuur 171a boven, 171b onder. [P. Brinkgreve]

Plaatsbepaling van assen in wentellagers, consequenties voor de afrolling van wrijvingswielen



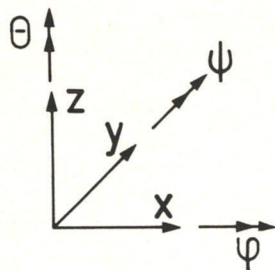
Figuur 172

van (2) om P, ten opzichte van de vaste wereld is:

$$\omega_2 = \omega_1 r_1 / r_2.$$

De koppeling (3) brengt deze rotatie onvervormd over op de uitgaande as (4): $\omega_2 = \omega_u$, zodat voor de overbrengingsverhouding geldt:

$$i = \omega_u / \omega_1 = r_1 / r_2.$$

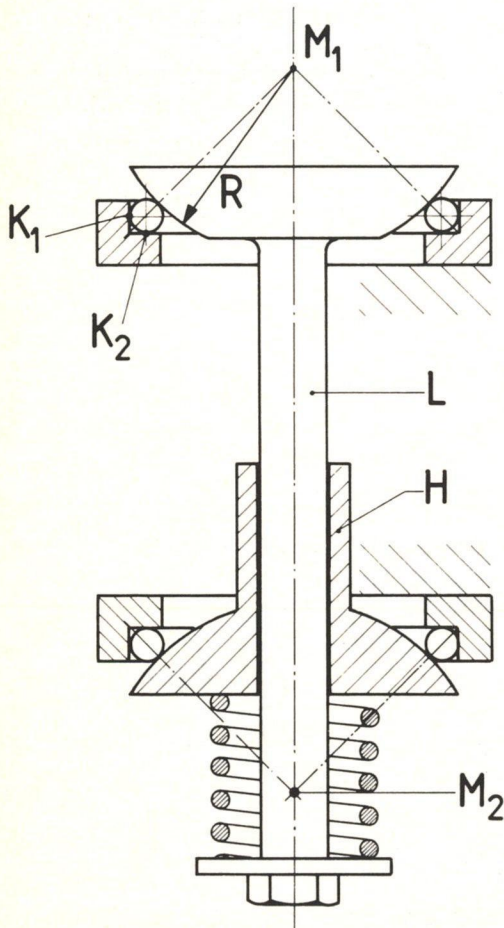


Voorgespannen kogellagers

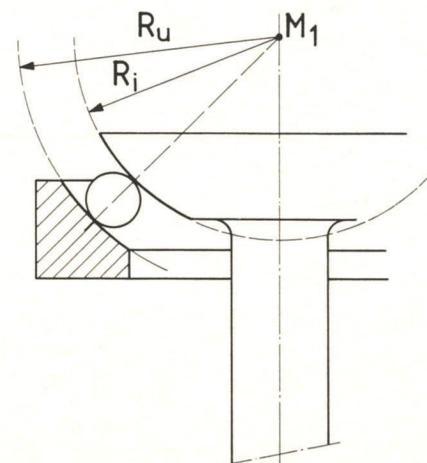
Als men een schijf of as op afrolling (kogels) wilageren met als enige graad van vrijheid de hoekrotatie θ , zie figuur 173a, dan gebruikt men meestal ingekochte kogellagers. Daarbij steunt men terecht op het goede denk- en maakwerk van de kogellagerfabrikant zodat men zich zelden gedwongen voelt om zelf het probleem te doordenken. Toch kan dit verhelderend werken.

Stel we willen een roterend lichaam lagere op kogels, liefst statisch bepaald en met beheerste vóórspanning.

Figuur 173a toont een principe-schets met boven een vaste loopring met drie



Figuur 173a



Figuur 173b

kogels die een bolvlak dragen. De kogels bepalen de ligging van het bolmiddenpunt M_1 en daarmee één punt van de rotatiehartlijn van het te lagere lichaam L.

We moeten nu nog twee vrijheidsgraden, de hoeken ϕ en ψ vastleggen, bijvoorbeeld door van een ander punt M_2 van de hartlijn van het lichaam de x en de y vast te leggen (*niet* de z).

Dat kan bijvoorbeeld met een hulpbol H die zelf gelagerd is door een analoge constructie als bij M_1 , en die zich *zonder zijdelingse speling* axiaal kan verplaatsen ten opzichte van het te lagere lichaam L.

Om op basis van dit principe tot een betrouwbaar werkend geheel te komen, moeten we een aantal principiële deelproblemen oplossen, namelijk het lagere op veel kogels, de spinbeweging van de kogels en het elastische voorspannen.

Het lagere op veel kogels

De ligging van M_1 zou statisch bepaald zijn door drie kogels onder ca. 120° op de loopring.

Bij rotatie zou echter de plaats van M_1 voortdurend veranderen tengevolge van onrondheid van de kogels en axiale en radiale slingering van zowel de vaste loopring als de loopbaan op L.

Deze veranderingen vertonen een grillig patroon: men realiseert zich dat als L 100 onwentelingen maakt, de kogels bijvoorbeeld 30 maal hun baan doorlopen, daarbij dus 70 maal door de baan op L overvold worden en tevens enkele honderden malen om hun as draaien.

Zouden we (aanzienlijk) méér kogels invoeren en de lagere zóver voorspannen dat de elastische invering groot genoeg is om *alle* kogels *altijd* tot meedragen te nopen, dan zou de invloed van axiale en radiale slingering van de beide loopbanen tot nul zijn gereduceerd!

(Pas op: Bij vóórgespannen complete kogellagers houdt men slingering, maar die treedt op tussen loopvlak en passing op de as respectievelijk in het huis.)

Men houdt alleen de invloed van onrondheid van de kogels, maar die is gering en door het grote aantal statistisch goed uitgemiddeld.

De eis is nu dat enerzijds de lagere als geheel stijf genoeg is, maar anderzijds

de stijfheid per kogel (2 Hertze contacten in serie, zie aflevering 7 in Mikroniek nummer 4- 1992 p. 100) laag genoeg om de gezamenlijke vormtoleranties te overbruggen bij een belasting die bij de gewenste levensduur toelaatbaar is. Men komt zo gauw tot hoge eisen aan de vormnauwkeurigheid van de loopbanen. In het bijzonder zijn daarbij onregelmatigheden met een periodiciteit gecorreleerd met het aantal kogels ontoelaatbaar. Als simpel voorbeeld denke men aan een eenmalige axiale overbelasting waarbij elke kogel een putje in de loopring gedrukt heeft.

Zo'n lager is nooit meer goed te krijgen en het middelt niet uit. Aangezien de fouten die bij het slijpen van de loopbanen optreden het sterkst tot uiting komen in de periodiciteiten van 2 en 3 maal per omwenteling, preferereert men kogelaantallen die niet door 2 of 3 deelbaar zijn, dus de priemgetallen 5, 7, 11, 13, 17, enz.

Toch lijkt de oplossing met voorspanning op veel kogels beter dan de "statisch bepaalde" met drie kogels: M_1 is zo beter gedefinieerd en de stijfheid is, door het grote aantal kogels die bovendien voorgespannen zijn, aanzienlijk groter. Niet te onderschatten is het uitmiddellende effect van een locale oneffenheid, zolang de kogels voorgespannen zijn. Het lager heeft de eigenschappen van een verennest (zie aflevering 5 Mikroniek nummer 2- 1992 p. 39).

Kogellagers zijn een propositie sinds de bewerkingsnauwkeurigheid de toelaatbare (Hertze) indrukking overtreft!

De spinbeweging van de kogels

In de uitvoering volgens figuur 173a rollen de kogels om de lijn door de contactpunten K_1 en K_2 .

In de contactpunten treedt niet alleen afrolling op doch ook spin en dat geeft extra slijtage en rolweerstand; in de praktijk een *extra* rolweerstand van ca. 0,002.

Het voordeel van deze uitvoering is de goede plaatsbepaling van de kogels. In hun baan kan men de kogels zich vrij laten verdelen, of men kan de verdeling bewerkstelligen met een kogelkooi, of om en om een gewone en een iets kleinere kogel. De verdeling van de kogels is in het algemeen een moeilijke technische opgave en vaak een bron van

zorg, met name als de kogels en de eventuele kogelkooi versnellingskrachten ondervinden.

Een alternatief met (nog wel geen zuiwere maar toch veel) betere afrolling tussen twee concentrische bolvlakken geeft figuur 173b. Hier is echter een kogelkooi - met eigen borging tegen kanteling! - noodzakelijk.

Kogellagerfabrikanten kozen voor het alternatief van figuur 174.

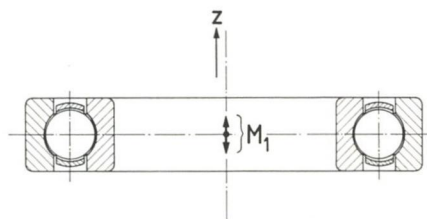
De kogelkooi ontleent zijn borging tegen kantelen aan de kogels zelf. Het Hertze contact is gunstig omdat de loopringen de kogel met een (negatieve) kromtestraal omhullen.

Het punt M_1 uit figuur 173a is in eerste instantie in het middendeelvlak van het kogellager gekomen.

Van dat punt worden de x en y goed vastgelegd als althans de fabrikant voor de goede voorspanning heeft gezorgd en als die ongeacht de passingen in het huis en op de as, temperatuurverschillen en slijtage, ongewijzigd gehandhaafd zou blijven.

De z wordt veel minder goed vastgelegd; het is in eerste instantie een "indifferent evenwicht". Zodra axiale belasting optreedt stellen de kogels zich anders in, kiezen als het ware een nieuw punt M_1 en leggen nu daarvan de x, de y en - naarmate M_1 verder uit het middenvlak ligt - ook de z steeds stijver vast.

De axiale kracht wordt opgenomen onder een zeer ongunstige hoek, het lager zou snel overbelast raken. Daarom geven de meeste kogellagerfabrikanten hun groefkogellagers bewust enige positieve speling. De hoek waaronder de axiale belasting wordt opgenomen, wordt nu gunstiger. Het axiale draagvermogen en de axiale stijfheid zijn danook groter naarmate de speling groter is. Het "uitmiddelen" van de fouten van baan en kogels in x- en y-richting



Figuur 174

gaat nu echter verloren zodra de axiale belasting daarvoor ontoereikend is.

Het standaard enkelrijig diepgroefkogellager komt zo uit de bus als een aantrekkelijk relatief hoog belastbaar en door de massafabricage toch zeer goedkoop en verrassend nauwkeurig constructie-element, dat evenwel voor exacte plaatsbepaling niet optimaal is.

Opgemerkt moet worden dat de fabrikanten in de loop der jaren hun assortiment hebben uitgebreid met verscheidene typen als kegellagers, tonlagers, hoekcontactlagers en vierpuntscontactlagers, waarbij de voorspanning vaak wel in- en nastelbaar is.

Het elastisch voorspannen

Om van het principe van figuur 173a een betrouwbaar werkend geheel te maken, moeten nog een spelingsvrije axiale lagering van de hulpbol H op de te lagersen as L gevonden worden en een verende voorspanning. Voor de hand ligt dan een lagering op vlakke membranen onder de gewenste voorspanning.

Voor een goede axiale lagering zijn twee evenwijdige membranen nodig die op twee plaatsen een x en y van de hartlijn vastleggen.

We willen in ons geval echter alleen in punt M_2 de x, y van H vastkoppelen aan de x, y van L.

We kunnen dus met één membraan volstaan *mits dit ligt in het vlak van het bolmiddelpunt M_2 .*

Figuur 175a is het ontwerp van een lagering voor een preparaat-rotatietafel in een elektronenmicroscop. M_1 is hier in het beeldpunt gekozen.

Voor een op straal R en straal r ingeklemd membraan met dikte δ , uit materiaal met elasticiteitsmodulus E en dwarsconcentratiecoëfficiënt ν (staal: $\nu = 0,3$) geldt voor de zakking z:

$$Z = \frac{3F_{ax}(1-\nu^2)}{(4\pi E\delta^3)} \cdot [R^2 - r^2 - \frac{4R^2r^2}{R^2-r^2} (\ln \frac{R}{r})^2]$$

en

$$\sigma_{max} = \frac{3F_{ax}(1-\nu^2)}{(2\pi\delta^2)} [1 - \frac{2R^2}{R^2-r^2} (\ln \frac{R}{r})].$$

De vering mag ook in de buitenbaan zitten, zie figuur 175b, mits het vlak

Plaatsbepaling van assen in wentellagers, consequenties voor de afrolling van wrijvingswielen

van het membraan door het bolmiddenpunt M_2 gaat.

Als wordt voorbijgegaan aan de spin kan men in principe met één kogelkrans volstaan; figuur 175c geeft hiervan een voorbeeld.

Volkomen analoog is de in aflevering 4 van Mikroniek nummer 1-1992 p. 12 toegepaste harmonicabus.

Een uitvoeringsvorm als figuur 175d met één membraan ter hoogte van M_2 voldoet. Hierbij is hoek α kleiner dan 45° gekozen om bouwhoogte te winnen. Al te ver kan men hiermee niet gaan in verband met eisen aan diameter toleranties, ongelijke kogelbelastingen en zelfremmendheid.

Uiteraard kan men de voorspanning desgewenst ontlenen aan apart aangebrachte veerpakketten in plaats van aan de membranen.

De toepassing van zelfinstellende wentellagers

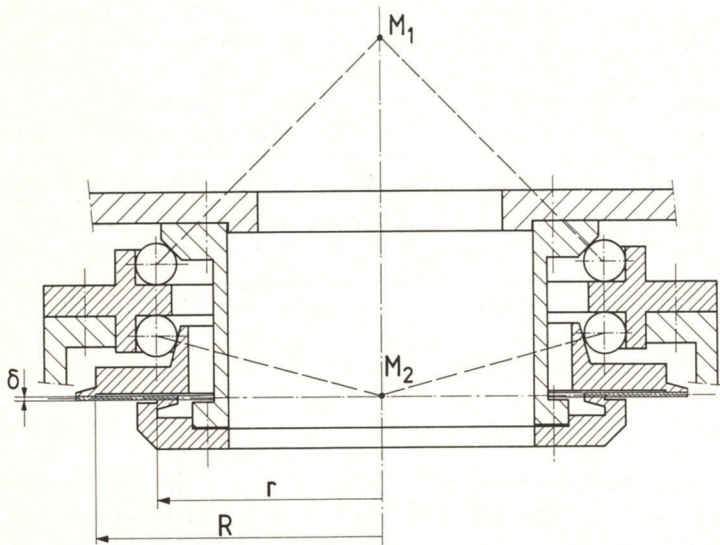
Als men een schijf of as op afrolling (kogels of rollen) wilageren met als vrijheidsgraden de asrotatie en (in beperkte mate) de twee kantelhoeken, dan neemt men gewoonlijk standaard "zelfinstellende" kogel- of rollagers. Meestal hebben die een inwendige bolvormige buitenring. Inzicht in de juiste toepassing leidt er dan toe de opstelling volgens figuur 176a te prefereren voor roterende assen die gebogen worden door een stationaire kracht (het eigen gewicht) en die van figuur 176b voor de assen met buiging door roterende belasting (bijvoorbeeld onbalanskrachten). Mikroniek aflevering 4-1991 figuur 17 geeft een fraai alternatief met niet zelfinstellende (dus in het geval van kogel-

lagers aanzienlijk hoger belastbare) lagers in elastische freemplaten die elk alleen x en y vastleggen.

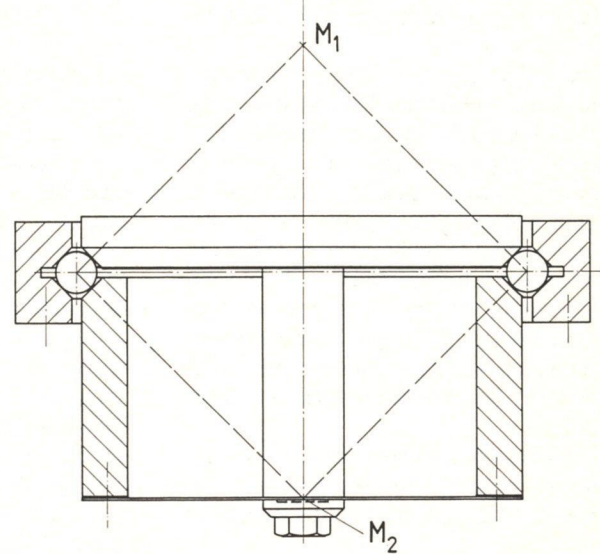
Het schommel-oog

Wanneer een as of pen in een lagerbus gaat draaien (figuur 177a) begint hij zich af te rollen op een lagerwand en klimt daarbij geleidelijk tegen de helling op (figuur 177b). Tegen dat de tangens van de hellingshoek ϕ de waarde van de wrijvingscoëfficiënt heeft bereikt glijdt de as uit en schiet terug naar beneden.

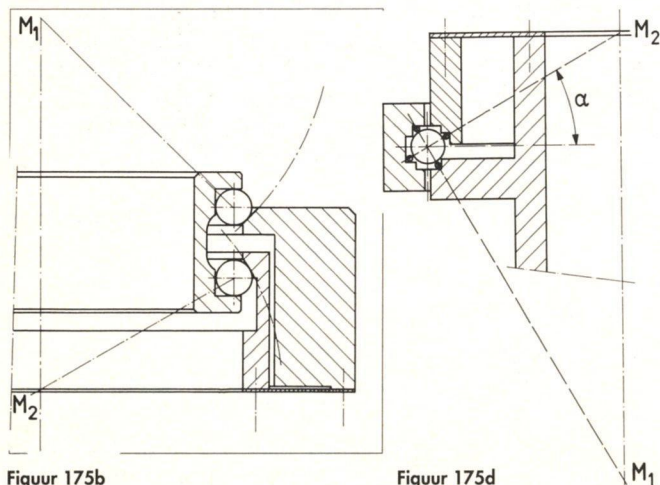
Bij een niet volledig gesmeerd glijlager zal zo niet, dan onder bijzonder gunstige omstandigheden een stationaire toestand worden bereikt. Voor kleine verdraaiingshoeken is zuiver afrollen mogelijk. Men moet dan wel de configura-



Figuur 175a. [C.W.B. v.d. Berg]

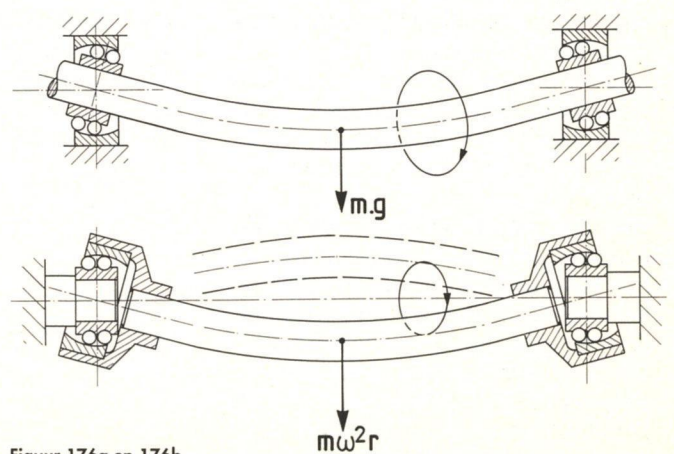


Figuur 175c



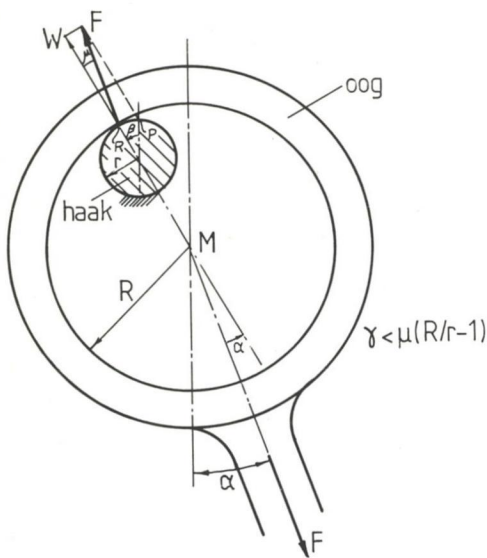
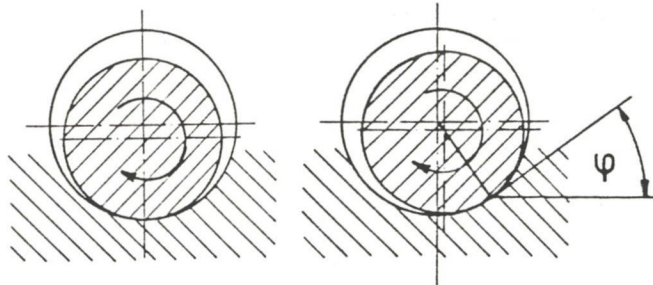
Figuur 175b

Figuur 175d

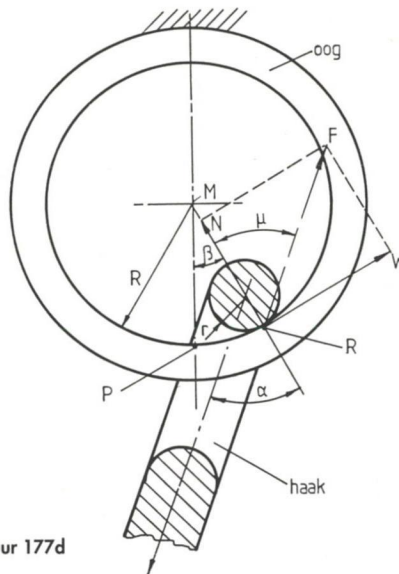


Figuur 176a en 176b.

Figuur 177a links, b rechts.



Figuur 177c



Figuur 177d

tie volgens figuur 177c kiezen en niet die volgens figuur 177d. Sommige ophangogen van kinderschommels, aansluitingen van ankerkettingen, etc. maken bij voortdoring een knerpnd geluid en zijn in korte tijd doorgesleten. Door het ophangoog 90° te draaien, gaat men van de situatie volgens figuur 177d (waar het afrolpunt juist die helling op loopt waar de kracht "vanaf" draait) over op de situatie volgens figuur 177c die over een veel grótere hoek α_{\max} zuivere afrolling toelaat. Dit constructieprincipe kan als volgt worden samengevat:

het lichaam dat ten opzichte van de krachtvector relatief niet roteert (de schommel) moet het lichaam dat dat wel doet (het freem) omhullen. [J. Oostvogels]

De aanhaakpunten van een veer in een mechanisme dienen volgens dit inzicht te worden uitgevoerd.

"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.

hft

DEN HARTOG

fijnmechanische techniek b.v.

vervaardiging en reparatie van
fijnmechanische onderdelen

kunststofmatrijzen
snijstempels

buigstempels
prototypen

bewerken van

kunststofonderdelen

Nijverheidsweg 8
3481 MB Harmelen
Tel.: 03483 - 3504
Fax: 03483 - 4187

INSTRUMENTMAKERIJ

MEDEJA

Industrieweg 13A
1566 JN Assendelft
Tel. 075 - 211277, Fax 075 - 286744

Gespecialiseerd in:

- ⇒ Ontwikkelen, fabriceren van medische apparaten
- ⇒ Vervaardigen van onderdelen
- ⇒ Volgens tekening of model
- ⇒ Draai- en freeswerk, ook kunststoffen, CNC en konvotioneel
- ⇒ Lassen argon-arc, mig
- ⇒ Slijpen en Reparatie medische instrumenten

Het verbinden van keramiek aan staal

K.M. Broek

In de meeste gevallen dat technisch keramiek wordt toegepast, is er sprake van een constructie waarin ook metalen delen voorkomen. De constructeur zal vaak veel aandacht moeten besteden aan de vraag hoe de verbinding tussen metaal en keramiek tot stand kan worden gebracht. In het voorliggende artikel zal een aantal mogelijkheden de revue passeren. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een drietal verbindingmogelijkheden:

- mechanische verbindingen;
- verbindingen met organische of anorganische tussenlagen;
- verbindingen met metallische tussenlagen.

De technische keramieken onderscheiden zich op een aantal punten van de gebruikelijke constructiematerialen. Ze zijn slijt- en vormvast door hun hoge stijfheid en sterkte; echter door hun geringe taaigheid is de trekvastheid gering: een drukbelasting verdient de voorkeur. De thermische uitzetting is in de regel lager dan bij metalen. Bij hogere temperaturen gaan de mechanische eigenschappen relatief weinig achteruit. De corrosiebestendigheid van de technische keramieken is in verschillende milieus beter dan die van metalen.

Een aantal voorbeelden van technische keramieken volgt hieronder.

● Aluminiumoxyde (Al_2O_3)

Dit is een van de oudere technische keramieksoorten. Deze soort vindt al geruime tijd toepassing in de elektrotechnische industrie vanwege de goede elektrische isolatiewaarde.

Een type aluminiumoxyde van hoge zuiverheid is dat met de aanduiding " Al_2O_3 99,7". Dit is aluminiumoxyde met een hoge zuiverheid. Voor elektrotechnische toepassing wordt vaak een lagere zuiverheid toegepast, bijvoorbeeld Al_2O_3 94 of Al_2O_3 97;

● Zirkoniumoxyde (ZrO_2)

Dit is een materiaal met een hogere

	soort.massa (kg/m^3)	σ_{buig} (MPa)	dl/l ($\mu m/m \cdot K$)
Al_2O_3 (99,7%)	$4,0 \cdot 10^3$	340	8,0
ZrO_2 (PSZ)	$5,8 \cdot 10^3$	610	10,6
Syalon 201	$3,2 \cdot 10^3$	825	3,2
Si_3N_4 (HP)	$3,2 \cdot 10^3$	900	3,2
SiC (S)	$3,1 \cdot 10^3$	485	4,3

Tabel 1. Enige keramieksoorten met soortelijke massa, buigsterkte en thermische uitzettingscoëfficiënt bij kamertemperatuur; vrij naar [1].

sterkte dan Al_2O_3 en een hoge taaigheid, althans bij de met yttriumoxyde gestabiliseerde PSZ-soorten. Dit keramiek heeft een relatief hoge uitzettingscoëfficiënt;

● Sialon (Si-Al-O-N)

Dit materiaal wordt wel als mengvorm van aluminiumoxyde en siliciumnitride bestempeld. Sommige eigenschappen zijn beter dan die van siliciumnitride, zoals de sterkte bij hoge temperatuur. Aan sialon wordt veelal yttriumoxyde toegevoegd; de "y" komt terug in de merknaam Syalon. Een type sialon is Syalon 201, waarin een kristallijne fase van YAG aanwezig is. Dit materiaal is bij hoge temperatuur ($1400^\circ C$) relatief sterk en het heeft goede kruipeigenschappen. Volgens opgave van de leverancier is Syalon 201 ook toepasbaar in milieus met gesmolten metalen;

● Siliciumnitride (Si_3N_4)

Dit niet-oxydische keramiek kan worden toegepast bij hogere temperaturen, zoals die in bijvoorbeeld een automotor zullen optreden.

Op grond van de produktiewijze kunnen ruwweg vier kwaliteiten onderscheiden worden: RB (reactie gebonden), S (gesinterd), HP (heet geperst) en HIP (heet isostatisch geperst). De RB-kwaliteit is het goedkoopst, maar heeft ook de slechtste eigenschappen. De S-kwaliteit is wat duurder en wat beter. Bij het verbinden met metallische tussenlagen wordt de voorkeur gegeven aan de duurere HP- en HIP-kwaliteiten, waarvan de laatste het meest kostbaar is;

● Siliciumcarbide (SiC)

Qua eigenschappen en toepassingen lijkt dit materiaal op Si_3N_4 . De elektrische weerstand is echter laag.

Metaal	dl/l ($\mu m/m \cdot K$)	Temperatuurgebied ($^\circ C$)
Aluminium (AA1050)	25,5	0-300
Ongelegeerd staal (SAE1018)	15	20-700
	13 ²⁾	20-1000
Roestvaststaal AISI 316L	18	20-1000
Koper	20,5	20-1000
Nikkel	16,56	20-1000
Fernico (53Fe-29Ni-18Co)(merknaam: Kovar)	5 ³⁾	20-450
Molybdeen (TZM)	5,5	20-1000
Wolfram	4,5	20-1000

Tabel 2. De gemiddelde thermische uitzettingcoëfficiënt¹⁾ voor enkele metalen en metaallegingen.

Opmerkingen:

1) De gevonden waarden voor dl/l zijn afgerond op 0,5. Bij gebruik van deze waarden moet enige voorzichtigheid in acht worden genomen; ze zijn afkomstig van verschillende bronnen en gemeten met onbekende nauwkeurigheden. Bovendien zijn alle metalen en metaallegingen in verschillende technische kwaliteiten te verkrijgen; een verschil van 10 procent met de tabelwaarde is daardoor niet ondenkbaar.

2) Bij de overgang van ferriet naar austeniet ontstaat krimp.

3) Boven $450^\circ C$ wordt dl/l van fernico ongeveer driemaal zo groot.

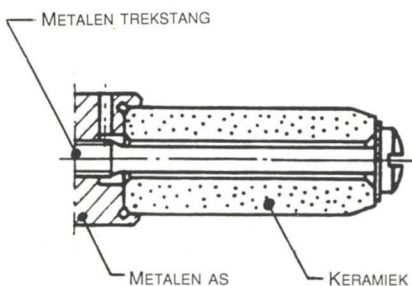
Ook bij de siliciumcarbides wordt onderscheid gemaakt in RB-, S-, HP- en HIP-kwaliteiten.

In tabel 1 zijn richtwaarden voor een aantal mechanische eigenschappen van de keramieken vermeld. In tabel 2 staan de mechanische eigenschappen van enkele metalen vermeld. Sommige van deze metalen worden veel toegepast als constructiemateriaal, zoals roestvaststaal, staal en koper. In tabel 2 zijn ook metalen opgenomen die soms als metallische buffer gebruikt worden, omdat hun uitzettingsgedrag meer aansluit bij dat van het keramiek. Voorbeelden hiervan zijn fernico (een ijzer-nikkel-kobaltlegering), molybdeen en wolfram.

Mechanische verbindingen

Keramiek en metaal kunnen in principe mechanisch aan elkaar verbonden worden; hierbij kan worden gedacht aan schroeven en klemmen.

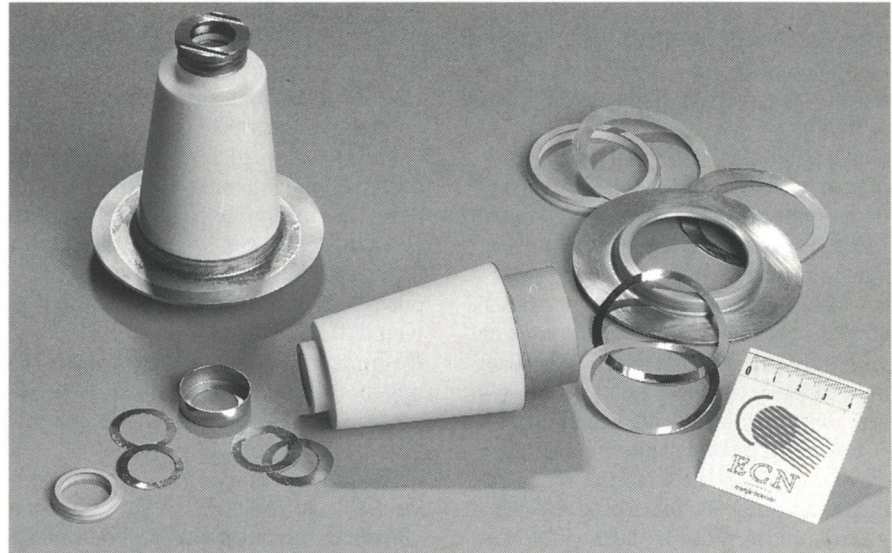
Van deze twee mogelijkheden zal *schroeven* veelal niet worden toegepast. Dit komt enerzijds doordat het aanbrengen van een schroefdraad in



Figuur 1. Mechanische verbinding van een keramische plunjer aan een metalen as. Het betreft hier een onderdeel van een hogedruk waterpomp; uit Spur [2]



Figuur 2. Plunjer van aluminiumoxyde, verlijmd aan een roestvaststaal as. De plunjer is gemaakt voor een homogenisator voor het verwerken van ongezouten wei.



Onderdeel van een röntgenkanon. De materialen zijn aluminiumoxyde en ijzer-nikkel-kobalt. Het aluminiumoxyde is gemetalliseerd en het metaal is vernikkeld. Als soldeer wordt Ag-Cu in preformfolie toegepast.

keramiek een kostbare zaak is. Anderzijds kan vaak niet worden voldaan aan de eis dat de krachten gelijkmatig over de keramische schroefdraad verdeeld zullen worden; dit zal in de regel alleen bij zachte, sterk vervormbare materialen als kunststoffen het geval zijn.

Bij *klemmen* kan het keramische onderdeel tussen twee metalen delen onder drukspanning worden gebracht. Een voorbeeld hiervan is de plunjer in figuur 1. Ook hier geldt dat het keramiek gelijkmatig moet worden belast; de contactvlakken tussen keramiek en metaal dienen goed vlak te zijn.

Bij een andere klemmethode wordt het metalen onderdeel verwarmd en om het keramische onderdeel gekrompen. Het keramiek wordt hierbij onder druk belast; ook hier moet voor een gelijkmatige drukverdeling worden gezorgd. Door Fernie en Sturgeon [3] wordt een voorbeeld aangehaald van een bougie, waarbij op deze wijze een gasdichte verbinding wordt gemaakt. Een goede krachtverdeling komt tot stand door gebruik te maken van een vervormbare tussenlaag, in dit geval aluminium.

Verbindingen met organische of anorganisch tussenlagen

Bij verbindingen met organische en anorganische tussenlagen moet gedacht worden aan:

- organische lijmen (lagetemperatuurtoepassingen, tot 250°C);
- anorganische lijmen (hogetemperatuurtoepassingen, tot 2200°C);
- smeltglazen (lagetemperatuurtoepassingen).

Organische lijmen

Een voorbeeld van een organische lijmverbinding voor gebruik bij niet-hoge temperaturen toont figuur 2.

Lijmverbindingen kunnen op vele manieren worden ingedeeld, bijvoorbeeld naar hun chemische samenstelling (epoxylijm), verschijningsvorm (dispersielijm) of uithardingsnelheid (secondenlijm). Voor meer informatie over de naamgeving en toepassing van verschillende lijmsystemen wordt verwezen naar literatuur [4] en [5]. In deze paragraaf zal worden volstaan met het geven van een korte opsomming van een aantal organische lijmsorten die voor keramiek-metaalverbindingen kunnen worden toegepast.

- De *anaërobe lijmsorten* bestaan uit vloeibare kunstharzen die bij kamertemperatuur uitharden; dit gebeurt alleen bij afwezigheid van zuurstof en in principe alleen op een metaaloppervlak. Het toe te passen temperatuurgebied voor de constructie ligt tussen -55°C en 200°C. Op het keramiek dient vooraf een activator te worden aangebracht.

Het verbinden van keramiek aan staal

● *Epoxylijmen* harden uit tussen kamertemperatuur en 120°C, afhankelijk van het type harder. Deze lijmsorten hebben een relatief hoge eigensterkte (>10 MPa).

Het metaaloppervlak dient met een primer te worden voorbehandeld in verband met de corrosie-eigenschappen van de verbinding. Een goede reiniging van de oppervlakken is noodzakelijk

● *Polyurethaanlijmen* kunnen worden toegepast voor het maken van elastische verbindingen. Hierbij kan onderscheidt worden gemaakt tussen één- en tweecomponentsystemen:

– Eéncomponentsystemen hebben een geringe sterkte; de chemisch bestendigheid is goed. De te verbinden oppervlakken moeten droog, stofvrij en vetvrij zijn.

– Tweecomponentsystemen hebben een hogere sterkte (>10 MPa). Samen met de elastische eigenschappen maakt dit de lijm geschikt voor verbindingen in dynamisch belaste constructies. Indien de constructie in een vochtig milieu wordt toegepast, moet het metaal met een primer worden voorbehandeld.

● *Cyanoacrylaalijmen* hebben een hoge uithardingsnelheid; vaak wordt deze lijmsort met "secondenlijm" aangeduidt. Van deze lijm bestaan diverse typen met verschillende chemische en fysische eigenschappen. De lijmen zijn in de regel meer geschikt voor het maken van "puntverbindingen" (sterkte tot 35 MPa), dan voor het verbinden van grote vlakken. Bij de verwerking moet met de volgende zaken rekening worden gehouden:

- de te verbinden vlakken moeten vetvrij zijn;
- de te verbinden vlakken moeten goed op elkaar passen zodat een zeer dunne lijmlaag ontstaat;
- de luchtvochtigheid heeft een grote invloed op het hardingsproces.

Anorganische lijmen

Anorganische lijmen zijn ontwikkeld voor het maken van verbindingen die langdurig bestand zijn tegen temperaturen boven 1000°C; de te verbinden materialen zijn glas en keramiek, onderling of aan metalen. Kenmerken van deze lijmen zijn een lage sterkte, een geringe krimp, een hoge hardheid, een lage schokbestendigheid en een grote porositeit (met name bij de lijmen op waterbasis).

De lijmen zijn volgens H.Schwartz [6] opgebouwd uit de basisstoffen, een bevochtigingsmiddel, een anti-schuimmiddel, een "levelling agent" en een bindmiddel of activator.

De basisstoffen zijn veelal oxydisch van aard: bijvoorbeeld een combinatie van aluminiumoxyde, siliciumoxyde, magnesiumoxyde en zirkoniumoxyde. Voor het verbinden van niet-oxydische keramieken wordt ook gewerkt aan mengsels met titaanboride, boriumnitride, siliciumnitride en dergelijke. In sommige gevallen worden zelfs metaaldeeltjes van roestvaststaal, aluminium of koper toegevoegd.

De aard van het bindmiddel is van belang omdat sommige bindmiddelen beter aan keramiek hechten en andere aan metalen.

Na het aanbrengen van de lijmen zijn er twee uithardingsmogelijkheden:

- de lijmen op waterbasis worden gedroogd aan lucht;
- de andere lijmen worden uitgehard bij temperaturen tot boven 400°C; hierbij kan een begin van glasvorming ontstaan.

Smeltglazen

Verwant aan de anorganische lijmen zijn de smeltglazen. De temperatuur waarbij de verbinding gemaakt wordt ligt echter hoger (800-1500°C), terwijl de maximum gebruikstemperatuur la-

ger ligt. Door het smelten van de basisstoffen (verglazing) ontstaat een gesloten gasdichte verbinding. Bij keramiek-metaalverbindingen worden metalen toegepast met een lage uitzettingscoëfficiënt, zoals molybdeen. Zeer geschikt zijn ook de ijzer-nikkel-legeringen die in het temperatuurgebied tot 600°C een lage uitzetting vertonen.

Bij het gebruik van smeltglazen moet veel aandacht worden besteed aan het ontwerp van de verbinding: spanningsopbouw moet worden vermeden of door de constructie worden opgevangen.

Verbindingen met metallische tussenlagen

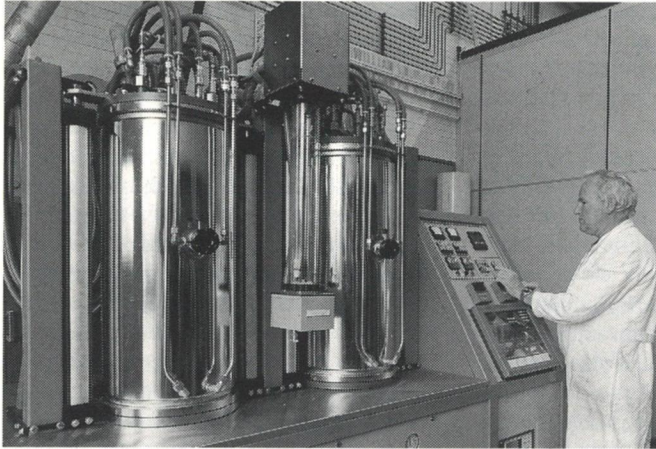
Er kunnen sterke verbindingen worden gemaakt door gebruik te maken van metallische tussenlagen. Hierbij treden op het grensvlak keramiek-metaal reacties op tussen de verschillende componenten; deze zorgen voor een hechte binding.

Bij de oudste in zwang zijnde techniek worden de keramische onderdelen van te voren gemetalliseerd. Hierna kan met bijvoorbeeld zilver-kopersoldeer worden gesoldeerd.

Om deze omslachtige methode te omzeilen, wordt daarom steeds meer "actief gesoldeerd". Bij deze methode is aan het soldeer een actief element toegevoegd; hierdoor wordt het mogelijk om de verbinding in één stap te realiseren. De metallische tussenlaag (het soldeermateriaal) wordt door verwarming vloeibaar gemaakt. Bij twee andere methoden is dit niet het geval, namelijk bij diffusieverbinden en bij thermocompressie. Deze methoden worden kort behandeld in de laatste paragraaf.

Samenstelling	Vorm	Smelttraject (°C)	Soldeertemperatuur (°C)	Atmosfeer
67,1Ag – 26,5Cu – 6,4Ti	pasta		840-960	Vacuüm
72,5Ag – 19,5Cu – 3Ti – 5In	folie	730-760	850-950	Vacuüm
96Ag – 4Ti	folie	970	1000-1050	Inert gas
70,5Ag – 26,5Cu – 3Ti	folie	780-805	850-950	Vacuüm
64Ag – 34,5Cu – 1,5Ti	folie	770-810	850-950	Vacuüm

Tabel 3. Enkele actieve zilverbasis-soldeersoorten.



Figuur 3. Twee-kamer oven bij ECN die zowel geschikt is voor het metalliseren in reducerend milieu als voor het solderen in hoogvacuüm (beiden tot 1750°).

Solderen met metallisatie vooraf

Als er in dit artikel sprake is van solderen, zal daarmee telkens het hogetemperatuursolderen worden bedoeld. Kenmerkend voor dit proces is het ontbreken van een vloeimiddel ("flux") doordat het solderen in een beheerste atmosfeer plaatsvindt. Hierbij wordt van een hoge temperatuur gebruik gemaakt (boven 800°C) omdat dan bij de te verbinden metalen de oxydehuid vaak relatief eenvoudig verbroken kan worden. Dit is belangrijk omdat oxyden in de regel remmend werken op de bevochtiging. Het soldeer materiaal kan dan wel tot smelten worden gebracht, maar het zal niet uitvloeien (vergelijk het niet-bevochtigen van een glasplaat door een druppel kwik).

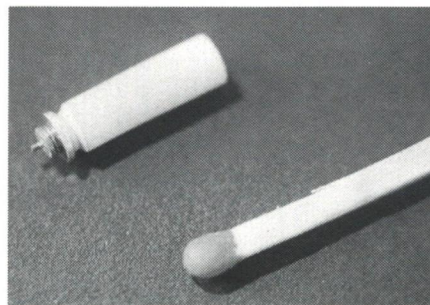
Uit het bovenstaande zou de conclusie kunnen worden getrokken dat aluminiumoxyde niet te solderen is; immers, dit bestaat volledig uit een oxyde en het zal dus niet bevochtigd worden. Dit is in het algemeen juist. Daarom zal het oppervlak van het keramiek een speciale behandeling moeten ondergaan: de metallisatie.

Al voor de tweede wereldoorlog werd aluminiumoxyde gemetalliseerd volgens het mangaan-molybdeenprocede [7]. Hierbij wordt op het keramiek een pasta aangebracht die bestaat uit mangaan, molybdeen en een bindmiddel. Bij 1500°C wordt in een natte stikstof-waterstofatmosfeer een hechte binding gevormd tussen mangaan, molybdeen en aluminiumoxyde (het bindmiddel is uitgestookt). Hierop kan echter nog niet worden gesoldeerd. In een tweede processtap wordt langs galvanische weg een dunne laag nikkel neergeslagen (or-

degrootte 10 μm). Deze laag wordt bij 800 tot 1000°C in vacuüm ingestookt. Hierdoor wordt de hechting van de nikkellaag verbeterd; tevens is deze behandeling een controle op de hechting van de nikkellaag (slechte lagen bladeren er vaak af). Tenslotte kan met bijvoorbeeld zilver-kopersoldeer bij circa 820°C worden gesoldeerd.

Er zijn inmiddels metalliseerpasta's op de markt gekomen die bij lagere of hogere temperaturen ingezet kunnen worden. Het voordeel van de eerste ligt in het gebruik van goedkopere ovens. De tweede soort maakt het solderen bij hogere temperaturen mogelijk; daarvoor is dan wel een speciale oveninstallatie nodig, zoals bijvoorbeeld is weergegeven in figuur 3.

Het aanbrengen van metallisatiepasta kan gebeuren door middel van zeefdrukken, door verspuiten of door gebruik te maken van een penseel. Vooral bij de laatste methode is het lastig om een uniforme laagdikte in het gewenste diktebereik (10 tot 50 μm) te realiseren.



Figuur 4. Verbinding van aluminiumoxyde aan een ijzer-nikkel-kobaltlegering met behulp van een actief soldeerfolie. Het betreft hier een sensor voor toepassing in de ruimtevaart.

De grootste nadelen van solderen met metallisatie vooraf, liggen in het benodigde aantal processtappen, in het verkrijgen van de juiste laagdikte en in het voorkomen van porositeiten.

Solderen met actief soldeer

Elementen als titaan, zirkonium en hafnium hebben een grote chemische aantrekkingskracht op elementen in het keramiek. Door enkele procenten van bijvoorbeeld titaan toe te voegen aan een soldeermateriaal, kan er direct een verbinding met ondermeer aluminiumoxyde worden gevormd. Het "actieve element" titaan vormt hierbij een TiO-laag op het keramiek. Het gehalte aan actieve elementen moet beperkt blijven tot enkele procenten. Daarboven ontstaan vaak brosse intermetallische verbindingen in het soldeer. Een toepassingsvoorbeeld van een actief gesoldeerd product staat in figuur 4.

Enkele voorbeelden van commercieel verkrijgbare actieve soldeersoorten staan in tabel 3; het betreft hier de veel toegepaste zilverbasis-soldeersoorten. De meeste typen worden geleverd in folievorm; in pastavorm is de keuze beperkt. Foliesoldeer heeft het voordeel dat de dikteverdeling homogeen is. Pasta is moeilijk homogeen op te brengen; een voordeel ten opzichte van folie is dat ook complex gevormde vlakken met soldeer bedekt kunnen worden.

Het gebruik van actieve soldeermaterialen beperkt zich niet tot het solderen van aluminiumoxyde. Ook met zirkoniumoxyde, sialon, siliciumnitride en siliciumcarbide kunnen verbindingen worden gevormd. De relatief goedkope reactiegebonden typen siliciumcarbide en siliciumnitride zijn minder goed soldeerbaar dan de heet geperste of de heet isostatisch geperste varianten. Dit heeft te maken met de aanwezigheid van vrij silicium, waarmee titaan brosse silicaaten vormt.

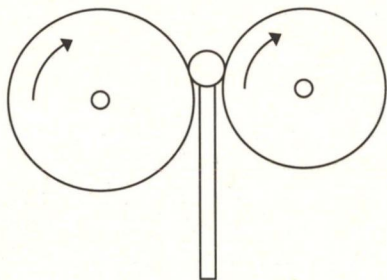
Bij het maken van keramiek-metaalverbindingen speelt het verschil in thermische uitzettingscoëfficiënt een grote rol; zie hiervoor het hoofdstuk "Constructieve aspecten in verband met temperatuurverhogingen".

Door Van der Sluis en Kaasschieter [8] wordt melding gemaakt van een ver-

MA CENTERLESS

weg 145F - 1394 AH Nederhorst den Berg -

02945 - 4269 - Fax 02945 - 1751



riek draaien.

tussen de centers X \varnothing 400)

65 mm vanaf staf.

vloos slijpen - doorvoeren tot \varnothing 100.

n-insteken en profileren

80 mm.

riek langdraaien

20 mm.

riek frezen met palletwisselaar

werkingscentra.

INSTRUCON

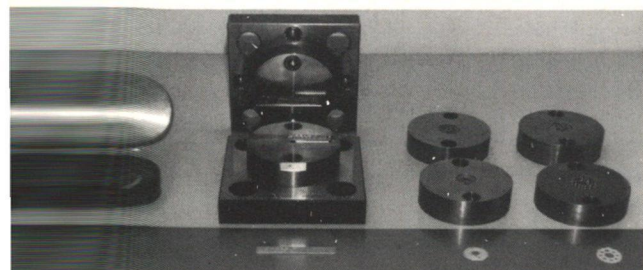
INSTRUMENTS

bezig met het
n van prototypes,
roef- en zichtmo-
et vervaardigen
e-onderdelen en
n.

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

itgebreide proto-
g heeft een aantal
nschappen name-
xibele organisa-
school perso-
veelzijdigheid
ken.

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



INSTRUCON INSTRUMENTS BV

41

WOERDEN

03480 - 22952

Bierbrouwersweg 23
3449 HW WOERDEN

Telefax: 03480 - 22951



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.



POLGRON

OPTICS & POLISHING TECHNIQUES

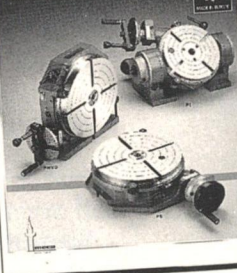
Het grove onderscheid op 0,002 micrometer.

Zernikepark 2-4, 9747 AN Groningen, tel. 050-745738/fax 050-634596



Mecatécnica

INDEXING TABLES



Pinzbohr

Zeer stabiel
Uitstekende prestaties
Grote sortering
Kotteren tot max. 500 mm \varnothing

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

