

Mikroniek

NVFT

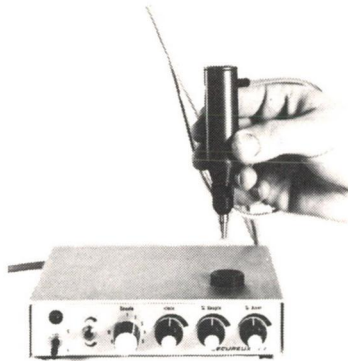
VAKBLAD FIJNMECHANICA



Zeiss 100 jaar
Excimeerlaser

Ontbramen
Plasmaspuiten

LECUREUX

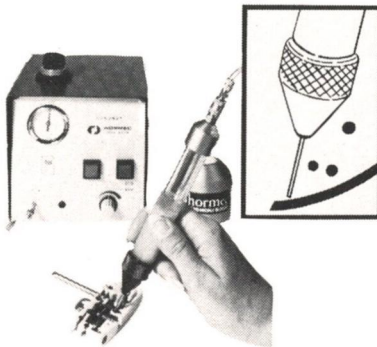


Elektronische schroevendraaiers en schroefautomaten voor kleine schroeven van M0,35 tot M3.

micro  montage

Postbus 3108 3760 DC Soest
Tel. 02155-26400 Fax 27200

hormec technic



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

Komponenten, handapparatuur en doseerautomaten.

micro  montage

Postbus 3108 3760 DC Soest
Tel. 02155-26400 Fax 27200

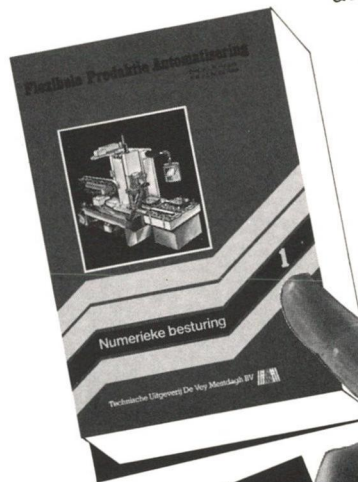
Numerieke besturing

De introductie van de numerieke besturing in de jaren vijftig heeft een doorbraak teweeggebracht binnen de fabricage en vormde een drijvende kracht achter de produktiviteitsverhoging. Daarnaast is ook het fabriceren volgens de huidige hoge kwaliteitsmaatstaven ondenkbaar zonder gebruik van NC-machines.

Het primaire doel van dit boek is een breed overzicht te verschaffen van het vakgebied der numerieke besturing, gezien vanuit het standpunt van de gebruiker. Daarnaast wordt door het behandelen van een aantal principes en eigenschappen enig inzicht gegeven in de technische aspecten van numerieke besturing, voor zover nodig om NC-machines op de juiste gronden te kunnen beoordelen en in te voeren.

Dit boek is zowel afgestemd op het bedrijfsleven als op de Nederlandse onderwijssituatie. In de 7 hoofdstukken (460 pagina's komen achtereenvolgens aan de orde: inleiding tot automatisering van de produktietechniek, werking en toepassingen van NC, NC-werkstukprogrammering, invoering van NC en de afname van gereedschapswerktuigen.

De reeks is zo opgezet dat deze geschikt is voor zelfstudie. De lezer wordt stap voor stap geleid door het gebied van de produktieautomatisering. Tevens zijn de boeken zo ingericht, dat zij kunnen dienen als kollegemateriaal in het Wetenschappelijk Onderwijs en het Hoger Technisch Onderwijs.



Prof. Ir. L. N. Reijers
Ir. H. J. L. M. de Haas
Omvang 460 pagina's

Prijs f 80,- incl. BTW

ook in de boekhandel verkrijgbaar
In België te bestellen bij uitgeverij de Sikkel

Wij verzoeken u te leveren _____ ex.

Numerieke besturing

Naam _____

Adres _____

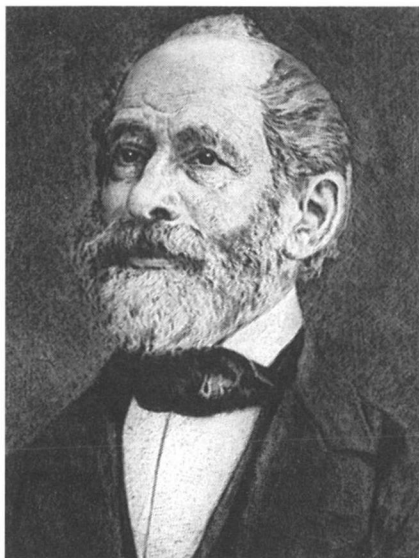
Postcode _____

Plaats _____

Zenden aan  de vey mestdagh

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

In dit nummer:



Zie pagina 101

98 Hannover Messe 1990

Editorial van H.G.J. Rutten

99 en 121

Nieuwtjes, feiten, data, mensen

101 Zeiss, een uniek bedrijf met een unieke historie

H.G.J. Rutten

110 Algemene inleiding over ontbraamtechnieken

Ir. G.J. Streefland

113 Groen laserlicht, een nieuw record

Research

114 De excimeerlaser

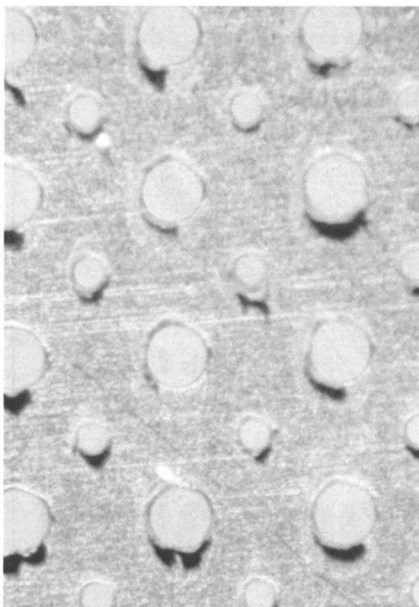
Dave Blank

119 Plasmaspuiten van vrijstaande voorwerpen

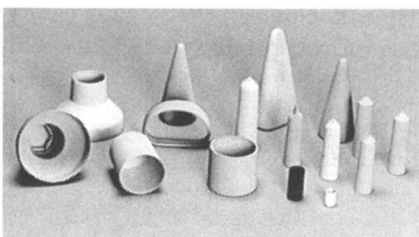
Ing. G.A. te Raa, Nederlandse Philips Bedrijven BV

122 Werkplaatsinformatie

met: Compacte drieklauws-robotgrijper; Controle van metalen objecten met geluidsgolven van verschillende frequenties; Exact centrisch werkende robotgrijper met grote slag; Contoursnijsysteem voor dunne metaalplaat.



Zie pagina 116



Zie pagina 119

Excuus

Een excuus aan onze lezers voor de late verschijning van dit nummer is op z'n plaats. De reden is het ingebruiknemen bij onze grafische toeleverancier voor tekst en beeld van nieuwe apparatuur, wat behalve verwachte ook onverwachte moeilijkheden opleverde. De redactie heeft alle vertrouwen dat deze nu tot het verleden behoren en de normale verschijningsfrequentie weer kan worden aangehouden.

Bij de foto op de voorpagina:

De röntgensatelliet ROSAT. De satelliet werd gebouwd door de firma Zeiss in Oberkochen. Deze satelliet bevat het meest nauwkeurige spiegelsysteem dat ooit ter wereld werd vervaardigd. In de satelliet zitten acht spiegels die vervaardigd zijn uit de spiegelkeramiek Zerodur. De microruwheid van de oppervlakken is 0,000.000.3 mm.

Beknopte inhoudsopgave

Hoofdstuk 1.

De betekenis en de plaats van de werkplaatsmeettechniek bij de fabricage van verwisselbare onderdelen.

De kwaliteitskenmerken
Het belang van verwisselbare onderdelen

Het fabriceren van verwisselbare onderdelen
Het fabricageproces
De beheersing van de fabricage

Hoofdstuk 2.

De grondbeginselen van het geometrisch meten

De fysische verschijnselen
De geometrische voorwaarden

Hoofdstuk 3.

De meetonauwkeurigheid bij geometrische metingen

Het meetproces
De systematische en toevallige afwijking
Berekenen van de toevallige afwijkingen
De meetonauwkeurigheid

Hoofdstuk 4.

De lengte-eenheid en de overige meeteenheden

Historie van de lengte-eenheid
De meterstandaard
Licht als maatstaf
De erkende meeteenheden
Het inch-stelsel
De secundaire en de gematerialiseerde lengtestandaarden

Hoofdstuk 5.

De ISO toleranties en passingen en hoe zij worden gekeurd

Het ISO systeem voor toleranties en passingen
Het keuren van de ISO toleranties

Hoofdstuk 6.

De analyse van het meetprobleem en de keuze van de meetmethode

De meet- en controlemiddelen
De maatstandaard
Pasmiddelen
Hulpmiddelen
De meetinstrumenten

Hoofdstuk 7.

Meetmiddelen voor het meten in één ordinaat

Direkte handmeetgereedschappen
De indirecte handmeetgereedschappen
De stationaire direkte meetinstrumenten
Stationaire indirecte meetinstrumenten
Mechanische, elektrische, optischelektrische en pneumatische opnemers

Hoofdstuk 8.

De betekenis van de vormenplaatsteranties en het bepalen van de vormnaauwkeurigheid

Het controleren en meten van de rechtheid
Het controleren en meten van de vlakheid
Het meten van de rondheidsafwijkingen
Het meten van de cilindriciteit

Hoofdstuk 9.

De meetmiddelen voor koördinatenmetingen

De profielprojector
De koördinaten meetmikroskoop
De koördinaten meetmachines

Wij verzoeken u te leveren:

_____ ex. **Werkplaatsmeettechniek**

NAAM _____

ADRES _____

POSTCODE _____

PLAATS _____

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

Hoofdstuk 10.

Meetmethoden voor het bepalen van de oppervlakteruwheid

De oppervlakteruwheidswaarde
De aanduiding op tekeningen

Hoofdstuk 11.

Het meten van een hoek

Foutenbronnen
De hoekmeetinstrumenten

Hoofdstuk 12.

Het passen en meten van schroefdraad

De schroefdraad
De schroefdraadtoleranties
Het keuren van de schroefdraad
Het meten van de schroefdraad



Prijs **f 49,-**
incl. BTW

Werkplaatsmeettechniek

Ing. F. Langereis

Uitgangspunt van de auteur: het toenemend belang van het meten in het moderne industriële fabricageproces en de noodzaak aan waarborgen om dit proces zo te regelen dat elk werkstuk binnen zo kort mogelijke tijd en tegen minimale kosten overeenkomstig de kwaliteitseisen kan worden gemaakt of samengesteld.

"Werkplaatsmeettechniek"

omvat 260 pagina's op formaat 15.4 x 22.2 cm
366 figuren, 35 tabellen

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

Orgaan van de

98



vereniging voor
Fijnmechanische Techniek

Editorial H.G.J. Rutten

Hannover Messe 1990

Uitgave:

De Vey Mestdagh BV

Redactie:

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

Redactiesecretariaat:

J. Snickers
Klaprooslaan 17
5691 WL Son
Telefoon (04990) 71831
b.g.g. (01180) 36320

Redactie-adviesraad:

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

Abonnementen:

De Vey Mestdagh BV,
Markt 51, 4331 LK Middelburg
Telefoon (01180) 81240
Postgirorekening 26 06 279
Nederland f 95,- per jaar
Buitenland f 120,- per jaar
Alle prijzen excl. BTW

Advertentie-acquisitie:

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

Vormgeving:

Jurriaan Bol Design, Son

Tekst en beeld:

Grefo PRE PRESS, Son en Breugel

Druk- en bindwerk:

Den Boer Drukkers

Mikroniek verschijnt zes maal per jaar

ISSN 0026-3699

Elk jaar weer worden, na grote vooraankondigingen, de poorten van de Hannover Messe geopend. Expozanten en bezoekers zijn dan zeer benieuwd wat dit jaar weer DE nieuwtjes zijn die in afgelopen maanden met aantrekkelijke advertenties werden aangekondigd en nu vaak met grote "beurskortingen" of "kennismakingskortingen" worden aangeboden. Soms vraag je je dan af of het werkelijk de moeite loont om al dat gedoe te ondergaan. Kun je niet beter een vertegenwoordiger uitnodigen en hem op je kantoor zijn verhaal laten doen?

Immers, na een vermoeiende reis sjok je de hele dag, of zelfs nog meer, de verschillende stands af, in een hitte die bijna ondraaglijk is. Daarbij worden je oren blauw van het luisteren naar die gladde verkooppraatjes omdat dit jaar het aantal bezoekers erg tegen valt en moet je beschikken over een berenconditie, om aan het eind van de dag met je koffer van 20 kg met documentatie je hotel te zoeken dat anderhalf uur rijden van de Messe vandaan ligt.

Het lijkt zo boeiend als je de plannen maakt om er naar toe te gaan, maar vaak hou je er een kater aan over (en dat ligt dan niet aan het Duitse bier).

Een beurs? Prima, maar zo groot dat je je fiets mee zou moeten nemen? Nee, liever niet meer. En wat doet U volgend jaar? Juist ja, U gaat ook weer, net zoals ik.



H.G.J. Rutten

Actueel

Voorankondiging Studiedag "Certificering"

Certificering staat op dit moment bijzonder in de belangstelling in de Nederlandse Industrie. De certificering geschiedt veelal tegen de norm NEN-ISO 9001 of 9002. Er zijn reeds tientallen bedrijven die het certificaat verworven hebben.

Het verloop van het evaluatie proces, dat vooraf gaat aan het certificaat, is voor het potentiële bedrijf vaak een onbekende exercitie, waarbij o.a. de volgende vragen rijzen:

waar wordt naar gekeken?; hoe moet de norm geïnterpreteerd en geïmplementeerd zijn?; wanneer is er sprake van non compliances/afwijkingen t.o.v. de norm?; etc.

Daarnaast speelt voor het bedrijf in sterke mate de keuze van het certificatie instituut dat in Nederland een officiële erkenning heeft van de Raad voor Certificatie. Op dit moment zijn er een twaalfstal officieel door de Raad voor Certificatie erkende certificatie instituten.

De Nederlandse Vereniging voor Kwaliteitszorg (NVK) en het NIVE organiseren in samenwerking met het Mikrocentrum Nederland een studiedag met als thema: Certificatie hoe, door wie en waarom. Vier erkende certificatie instituten zijn bereid gevonden, op 2 november 1990 in de Jaarbeurs te Utrecht, inleidingen te verzorgen waarin *praktische informatie* wordt gegeven over hoe het evaluatie proces verloopt en worden bovenstaande en nog vele andere vragen beantwoord. Het programma bestaat uit:

- 4 inleidingen door resp. BVQA, DNV, KEMA en Lloyds;
- een inleiding door een kwaliteitsdeskundige over "De kwaliteit van het management op basis van kwaliteitsmanagement";
- een inleiding door de Raad voor Certificatie over "Europese erkenning van kwaliteitssysteem certificaten";
- een panel discussie.

Aan de themadag is tevens een INFOmarkt verbonden waar veel informatie is te verkrijgen van instellingen en organisaties, op het gebied van kwaliteitszorg.

Wilt U gerichte informatie over evaluatie/certificatie voor Uw bedrijf reserveren

dan 2 november reeds nu in Uw agenda.

Verdere informatie wordt U graag verstrekt door de Nederlandse Vereniging voor Kwaliteitszorg, Telefoon 040-432503, Postbus 359, 5600 AJ Eindhoven.

Corrosiedag (4) NCC-Sector "Metaal en Metaal- bescherming"

De jaarlijkse corrosiedag van de NCC-Sector "Metaal en Metaalbescherming" zal worden gehouden op woensdag 31 oktober 1990 in de Congreszaal Irenehel 1, Jaarbeurs/Utrecht.

Het thema van deze corrosiedag is: "Hechting en Hechtingsproblemen".

Op het programma staan de volgende voordrachten:

- *Hechten en niet-hechten fysisch chemisch bezien*
door prof. dr. G. Frens, Laboratorium voor Fysische Chemie, TU Delft.
- *"Het Fokker 100 verfsysteem. Hechting en onthechting op maat"*
door dr. ir. H.W. van Rooyen, Manager Advanced Materials & Processes, Fokker Aircraft bv, Schiphol.
- *"Hechting en hechtungsverlies bij bandgeverfd staal"*
door drs. M.J. Rijkhoff, Hoogovens, Centraal Laboratorium, IJmuiden.
- *"Hechtingsbehoud van verflagen"*
door ir. T.T. Dekker, Sigma Coatings bv, Uithoorn.
- *"Hechting van organische coatings op thermische verzinkte staaloppervlakken"*
door ing. J.F.H. van Eijnsbergen, Den Haag.
- *"Beïnvloeding van hechting en onthechting door chemische oppervlakmodificatie"*
door J. Wijdenes, Philips Research Laboratorium, Eindhoven.

Tijdens de opening van deze corrosiedag zal de uitreiking van de Borghardt-Vom-prijs plaatsvinden. Gedurende de gehele dag zullen zich een 20-tal bedrij-

ven presenteren.

Deze expositie vindt plaats in de foyer. Deze corrosiedag is bestemd voor architecten, constructeurs, ontwerpers, verfdeskundigen, applicateurs, onderhoudsfunctionarissen, beheerders en gebruikers van civiele- en utilitaire constructies, alsmede industriële installaties. Deze dag beoogt het uitwisselen van praktische ervaring bij het beschermen van gebouwen, kunstwerken en installaties tegen corrosie met het accent op zowel bestaande als nieuwe objecten.

De kosten van deelname aan de corrosiedag (inclusief consumpties, lunch en syllabus) bedragen voor NCC/SMM contribuanten f 200,- per persoon. Voor niet-contribuanten zijn de kosten f 250,- per persoon.

Voor inlichtingen over deelname kan contact worden genomen met het NCC-Secretariaat, Mw. J.G.J. Nannes, Postbus 120, 3720 AC Bilthoven. Telefoon 030-287773.

Aluminium industrie heeft 800 vakmensen nodig

Bij de aluminium verwerkende bedrijven in Nederland zijn thans ruim 800 vacatures, die direct opgevuld kunnen worden door technisch geschoolede mensen". Dit zei ir. Fokko van Duyn, directeur van de aluminium divisie van Hoogovens bij de prijsuitreiking van de competitie "construeren in Aluminium", uitgeschreven onder MTO/LTO scholen in Nederland. Hij baseerde zijn uitspraak op een telefonische enquête gehouden onder leden van het Aluminium Centrum dat met 120 aangesloten bedrijven met in totaal 11.000 werknemers representatief is voor deze branche.

Kloof opleiding en aluminium praktijk

Het grootste struikelblok bij het opvullen van vacatures in de aluminium branche is de te grote kloof tussen opleiding en praktijk. Mensen die van een technische opleiding in de aluminium industrie terecht komen moeten vaak intern een opleiding volgen om een goed inzicht te krijgen in de aluminiumtechnologie. Dit is deels een gevolg van het feit dat alumi-

nium als "jong" materiaal nog niet in het technische onderwijs is geïntegreerd. Technische scholen neigen er te vaak toe om de voorkeur te geven aan instructie met ambachtelijke constructiematerialen als hout, staal en beton. Het gebruik en de mogelijkheden van aluminium als constructiemateriaal zijn veelal onbekend, ook bij docenten.

Behalve de aansluiting opleiding/praktijk blijken binnen de aluminium industrie verschillende culturen te bestaan waardoor het moeilijk is van de ene discipline over te stappen naar een andere. Zo worden in de vliegtuigbouw heel andere eisen gesteld dan bij de constructie van gevelementen voor de woning- en utiliteitsbouw bijvoorbeeld. De geavanceerde techniek die ook in deze branche niet onbekend is vraagt om vakbekwame technische mensen met de juiste ervaring, die erg moeilijk te vinden zijn.

Opleiding aluminium docenten

Als belangenbehartiger van de aluminium industrie probeert het Aluminium Centrum de afstand tussen opleiding en praktijk te verkleinen. Zo is er voor docenten uit het technisch onderwijs de mogelijkheid tot het volgen van de zogenaamde NaBont cursus, waar het onderwijs zich toelgt op alle eigenschappen en toepassingen van aluminium als constructiemateriaal. Tot nu toe hebben 350 docenten deze cursus gevolgd en kunnen deze kennis op de technische scholen in het lesprogramma introduceren.

Nieuwe opleidingen Metaalinstituut TNO

De nieuwe cursusbrochure van het Metaalinstituut TNO vermeldt naast de bestaande korte kadercursussen lastechniek en werkplaatstechniek de volgende nieuwe of herziene cursussen:

Werkvoorbereiding draaibewerkingen: 3-daagse cursus voor medewerkers betrokken bij voorbereiding, planning en realisatie van de verspanende productie.

Workshop "just-in-time" produceren: 3-daagse bedrijfsopleiding voormedewerkers betrokken bij "just-in-time" projecten, het verkorten van doorlooptijden etc.

Flexibel automatiseren van plaatbewerkingen: opleiding bestaande uit 3 "verplichte" modules en 4 modules naar keu-

ze (alle van ca. 1 dag) voor managers/projectleiders die in hun bedrijf tot automatisering van plaatbewerkingen willen komen.

Flexibele automatisering in de lastechniek: opleiding bestaande uit 4 keuzemodulen à 2 dagen voor managers/projectleiders lastechniek.

De brochure van het MI vermeldt tevens de opleidingen van het Instituut TNO voor Informatie-Technologie voor Productieautomatisering in Eindhoven, waarmee het Metaalinstituut in de nieuw te vormen hoofdgroep TNO-Industrie zal samengaan. Voor nadere informatie: Metaalinstituut TNO, Bureau Opleidingen, Telefoon 055-493705.

PATO cursussen

Structureren van onderhoud aan technische systemen

Een driedaagse cursus op 30, 31 oktober en 8 november 1990 in Arnhem.

Doelstelling: deelnemers vertrouwd te maken met een rationele aanpak van onderhoud aan technische systemen. Deze benaderingswijze, die ontstaan is uit het betrouwbaarheidsanalytisch denken, is gericht op het naar kosten optimaliseren van het onderhoudsinterval. Het optimale onderhoudsinterval wordt bepaald door het evenwicht tussen de kosten van preventief onderhoud en de kosten die correctief onderhoud met zich brengt.

Bestemd voor: ingenieurs, managers en technici die nauw betrokken zijn bij het plannen en uitvoeren van zowel preventieve als correctieve onderhoudswerkzaamheden.

Data/plaats: 30, 31 oktober en 8 november 1990 in Arnhem.

Deelnamekosten: f 1.575,- per persoon (incl. cursusmateriaal, demofloppy, lunches, koffie/thee).

Digitale signaalbewerking

Een zesdaagse cursus op 12, 13, 19, 20, 26 en 27 november 1990 in Eindhoven.

Doelstelling: deelnemers algemene theoretische en praktische kennis te verschaffen van de benodigde technieken ten behoeve van de bewerking van digitale signalen en systemen zoals bemonstering van tijdcontinue signalen, beschrijving van tijddiscrete signalen en systemen, filterstructuren, eindige woordlengte-effecten. Daarnaast zullen diverse specifieke onderwerpen uit de digitale signaalbewerking worden behandeld,

zoals speciale hard- en software voor het ontwerp en de realisering van digitale systemen voor signaalbewerking, adaptieve filters, toepassingen en de regeltechniek.

Bestemd voor: degenen, die in hun werkring te maken hebben met de bewerking van digitale signalen en systemen en die zich in kort tijdsbestek op de hoogte willen stellen van de theoretische fundering en de toepassing van de digitale bewerking. De cursus kan bovendien waardevol zijn voor docenten in het hoger elektrotechnisch onderwijs (NaBoNT subsidie-regeling).

Data/plaats: 12, 13, 19, 20, 26 en 27 november 1990 aan de TU Eindhoven.

Deelnamekosten: f 2.090,- p.per. (incl. cursusmateriaal, lunches, koffie/thee).

Elektro-magnetische compatibiliteit

Een zesdaagse cursus op 15, 16, 22, 23, 29 en 30 november 1990 in Eindhoven.

Doelstelling: deelnemers theoretische en praktische kennis te verschaffen over de systematische aanpak van de preventie van elektromagnetische interferentieproblemen, zowel in het ontwerp stadium van een systeem als bij de definitieve vormgeving, de installatie en het gebruik. In de cursus wordt onder meer aandacht besteed aan: elektromagnetische veldtheorie, karakterisering van het elektromagnetisch milieu, overspraak, analysemethode, stoorsproblemen, emissie van en susceptibiliteit van stoorsignalen, aarding en afscherming, storingsonderdrukkende technieken en ontwerpcriteria.

Bestemd voor: ontwerpers, fabrikanten, installateurs en gebruikers van elektrische en elektronische systemen, die zich in kort tijdsbestek op de hoogte willen stellen van het vakgebied van de Elektro-Magnetische Compatibiliteit, teneinde bestaande EMI-problemen op te lossen en tot een technisch en economisch verantwoorde keuze van beschermende maatregelen te komen. De cursus kan bovendien nuttig zijn voor docenten in het hoger elektrotechnisch onderwijs (NaBoNT subsidie-regeling).

Data/plaats: 15, 16, 22, 23, 29 en 30 november 1990 aan de TU Eindhoven.

Deelnamekosten: 1.800,- per persoon (incl. cursusdictaat, lunches, koffie/thee).

Nadere informatie over deze cursussen kan worden aangevraagd bij het bureau van het PATO-orgaan, Postbus 30424, 2500 GK 's-Gravenhage, tel. 070-3644957.

Beknopte inhoudsopgave

Hoofdstuk 1.

Bepaling van het begrip

'omvormen'

De trekproef
Indeling van de
omvormtechnieken

Hoofdstuk 2.

Vervormingsmechanismen

Materiaalopbouw
Schuifspanningen, glijstelsel en
glijproces
Tweelingvorming

Hoofdstuk 3.

Grootheden die het vervormings- proces beïnvloeden

Vormveranderingsweerstand
Vormveranderingen en
spanningen
Voorwaarden voor het vloeien
Cohesievoorwaarden

Hoofdstuk 4.

Gang van zaken bij de omvormtechniek

Uitgangstoestand
Vervormingsgraden
De bepaling van de spanningen
Bepaling van de bewerkings-
trappen en de omvormgrens
Eindtoestand

Hoofdstuk 5.

Omvormmethoden

Omvormen door druk
Omvormen in de matrijs
Overige omvormmethoden
door druk
Walsen
Vloedraaien
Vrij omvormen
Indrukken (centeren, kartelen,
indrijven, doordrijven)
Doordrukken (innemen,
extruderen, stafextrusie)
Omvormen door druk en trek
Dieptrekken
Machines
Gereedschappen
Productievolgorde
Overige omvormmethoden door
druk en trek
Doortrekken (strekwalzen,
draadtrekken)
Forceren
Dimpelen
Omvormen door trek

Rekvormen
Machines
Gereedschappen
Productievolgorde
Overige omvormmethoden

door trek
Verwijden
Trekken
Omvormen door buiging
Buigen in de matrijs
Machines
Gereedschappen
Productievolgorde
Overige omvormmethoden door
buiging
Omvormen door schuiving

Hoofdstuk 6.

Omvormtechniek en verspanende bewerking

Hoofdstuk 7.

Omvormen van kunststoffen

Structuur en gedrag van
kunststoffen
Bijzonderheden over het
materiaalgedrag van kunststoffen
bij het omvormen
Omvormmethoden
Rekvormen
Machines
Gereedschappen
Productievolgorde
Overige omvormmethoden
Dieptrekken
Koudpersen
Buigen
Rekken
Voorbeeld

Hoofdstuk 8.

Oplossingen van de opgaven

Hoofdstuk 9.

Verklarende woordenlijst

Hoofdstuk 10.

Gebruikte symbolen, afkortingen en indices

Wij verzoeken u te leveren

_____ ex. Omvormtechniek

Naam _____

Adres _____

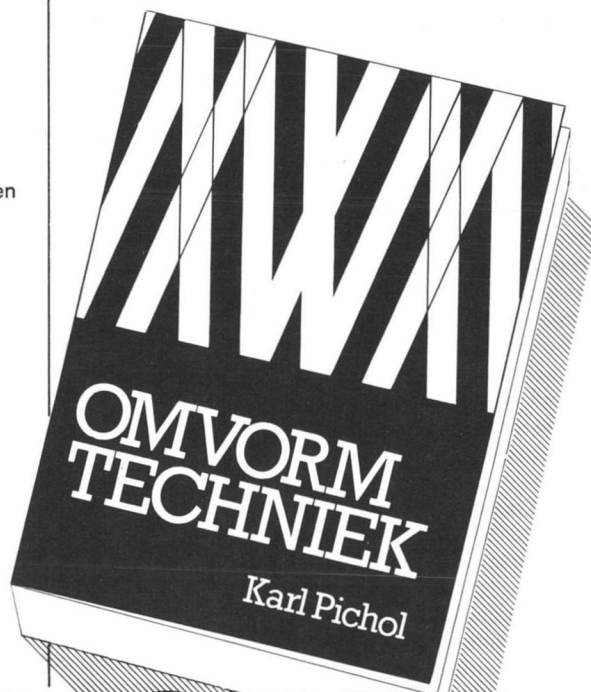
Plaats _____

Zenden aan:

De Vey Mestdagh

Markt 51 • 4331 LK Middelburg • Nederland

IN BELGIË TE BESTELLEN BIJ
UITGEVERIJ DE SIKKEL



OMVORM TECHNIEK

Karl Pichol

Prijs f 42,- incl. BTW

Ook in de boekhandel verkrijgbaar

Uitgangspunt van de auteur:

Er wordt uitgegaan van de gedachte dat een zakelijke indeling het overzicht van het bepaald niet eenvoudige gebied van de omvormtechniek bevordert. Daarom worden allereerst de theoretische grondslagen (hoofdstuk 1 tot 3) en de optredende verschijnselen behandeld.

Om de overeenkomst van de verschillende omvormmethoden te laten uitkomen en daarmee de principiële grondslagen van de omvormtechniek duidelijk te maken, werd hoofdstuk 4 opgenomen. Daarin wordt getracht de werkzaamheden aan de hand van zeer duidelijke gevallen te beschrijven.

In hoofdstuk 5 wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste omvormmethoden, waarbij steeds weer één bewerking uitvoerig besproken wordt, die als kenmerkend voorbeeld opvalt.

Het zesde hoofdstuk behandelt problemen op het gebied van de kosten, veiligheid en technische uitvoering.

Het hoofdstuk 7 over het omvormen van kunststoffen is overeenkomstig aan dat van het metaalomvormen opgezet. Zo veel mogelijk werd hier getracht om de overeenkomsten aan te tonen, aan de andere kant werd echter ook geprobeerd principiële verschillen duidelijk te maken.



de vey mestdagh

Markt 51 • 4331 LK Middelburg • Nederland

Zeiss een uniek bedrijf met een unieke historie

H.G.J. Rutten:

Wie kent Zeiss niet?

Meetmachines, telescopen, microscopen, verrekijkers, geodetische instrumenten, elektronenmicroscopen, carthografische machines, brillleglazen, optiek; een opsomming die moeiteloos valt uit te breiden.

Overal waar fijnmechanische techniek wordt toegepast is de naam Zeiss niet ver weg.

Verleden jaar bestond het bedrijf Zeiss honderd jaar als stichting. Grondlegger van het bedrijf was Carl Zeiss, die het bedrijf in 1846 oprichtte. Ernst Abbe was degene die er een stichting van maakte om de levensvisie van Carl Zeiss in stand te houden.

Van een kleine fijnmechanische en optische reparatiewerkplaats is Zeiss uitgegroeid tot een wereldconcern dat over de hele wereld bekend is en een grote reputatie heeft opgebouwd in vele takken van de Fijnmechanische Industrie.

De auteur van dit artikel werd in de gelegenheid gesteld om gedurende een driedaags bezoek de sfeer te proeven en het kennen en kunnen van de firma Zeiss te beleven.

Dit artikel moet dan ook gezien worden als een korte beschrijving van de historie van het bedrijf en een verslag van de indrukken die opgedaan werden tijdens het bezoek.

Historie; Wie was Carl Zeiss?

Carl Zeiss werd geboren op 11 september 1816 in Weimar, de residentie van groot-hertog Karl August von Saksen/Weimar. Hij was de vijfde zoon van August Zeiss, die Hof- und Kunstdrechselmeister, een soort instrumentdraaier was. In die tijd een gerespecteerd vak, want het hof stond niet iedereen toe om, voor die tijd kostbare, materialen te bewerken. Over het algemeen waren dit draaiwerkstukken die op het hof gebruikt werden.

Jonge instrumentmaker

In Weimar bezocht Carl Zeiss het gymnasium tot de Unterprima (voorlaatste schooljaar). Het instrumentmakersvak zat hem al vroeg in het bloed. Na zijn schoolopleidingen ging Carl in 1834 "zur Lehre" in de leer) als universiteitsinstrumentma-



Carl Zeiss, 1816-1888. Stichter van de optische fabrieken Carl Zeiss. Pionier in de samenwerking tussen wetenschap en techniek en in de fabricage van optische systemen. (Foto: Archief Carl Zeiss Oberkochen)

ker bij de Groothertogelijke Hofinstrumentmaker Dr. Friederich Korner van de universiteit van Jena. Het zij nog te vermelden dat de instrumentmakers in die tijd niet vergeleken kunnen worden met de instrumentmakers van tegenwoordig. Deze in 1818 gepromoveerde Korner die colleges gaf in het gebruik en het ontwerp van instrumenten, wist de jonge Zeiss te interesseren voor de optische instrumenten. Gedreven door de behoefte zijn kennis te verruimen bezocht hij naast zijn "Lehre" diverse colleges in vele verschillende vakgebieden zoals wiskunde, experimentele natuurkunde, mineralogie, optica en later nog chemie en hogere wiskunde.

Toen hij zijn "Lehre" afsloot ging hij niet stilletjes in een hoekje van de instrumentmakerij van de universiteit Jena werken maar wilde een brede ervaring opdoen. Daarom ging hij dan ook naar vooraanstaande instrumentmakerijen en fysische en optische laboratoria in Berlijn, Darmstadt, Stuttgart en Wenen.

Terug naar Jena

Toch bleef de band met Jena groot, waar hij maar al te graag een eigen instrumentmakerij wilde opzetten. In die tijd was dat geen kleinigheid, want zowel de overheid als het stadsbestuur alsook het universi-

teitsbestuur waren in die tijd uiterst kritisch en erg karig in het toestaan van dergelijke activiteiten.

Het bedrijf wordt gesticht

Op 17 november 1846, Zeiss is dertig, werd zijn aanvraag gehonoreerd en krijgt hij toestemming van het bestuur van de universiteitsstad Jena om een bedrijf met atelier op te richten.

Met een bedrijfsvermogen van 100 taler startte hij zijn bedrijf. Het zou een bedrijf zijn "... voor het maken en verkopen van mechanische en optische instrumenten met een atelier voor mechaniek ..."

De betiteling atelier stamt van het feit dat in die tijd het maken van instrumenten als een kunst beschouwd werd. Zijn vader werd immers ook betiteld als "kunstdraaier".

Zeiss zag een grote uitdaging liggen en blaakte van zelfvertrouwen. Op alles en iedereen was hij kritisch (gelukkig ook op zichzelf). Hij kreeg zelfs een waarschuwing te horen toen hij bij een toelatingsexamen wel erg snel klaar was. Op zich niets bijzonders, ware het niet dat hij een deel van de overgebleven tijd benutte om de samenstellers van het examen erop te attenderen dat hij van mening was dat een aantal vragen niet correct geformuleerd was. Het antwoord van de jury laat zich raden: "Het ware beter geweest wanneer het hem eigen schijnende zelfvertrouwen hem niet had verleid bij de schriftelijke beantwoording de grenzen van de gepaste bescheidenheid te overschrijden ..."

Het bedrijf groeit

Het zelfvertrouwen en de capaciteiten van Carl Zeiss logen er niet om. Een half jaar na de opening van zijn bedrijf verhuisde hij reeds naar een groter atelier en binnen het jaar kon hij al een hulp en een leerling in dienst stellen. Hij begon met het repareren van instrumenten en voerde handel in loepen, vergrootglazen, weegschalen en andere laboratoriumbenodigdheden. Al gauw bleek dat er "markt" was voor andere optische artikelen. Op een gegeven moment wekten de instrumenten van de fysische en chemische kabinetten van de Jenase universiteit zijn interessen en begon hij deze specifiek voor hen te repareren.

Zeiss, een uniek bedrijf

Schijnbaar onder de indruk van zijn prestaties, optiek en fijnmechanica, deed de celbioloog Matthias Schleiden, eveneens uit Jena, hem de suggestie aan de hand zich eens te verdiepen in microscopen, in die tijd zeer geliefde doch kostbare instrumenten. Dit sprak Zeiss enorm aan. Zeiss zou Zeiss niet geweest zijn als hij zich daar voor minder dan honderd procent op zou werpen. Zijn inzet werd beloond.

De eerste microscoop

In 1847 bouwde hij zijn eerste microscoop. In korte tijd wist Zeiss op dit terrein successen te boeken en stond al gauw bekend als iemand die uitstekende microscopen bouwde.

De kwaliteit van zijn produkten sprak zich snel rond. Het aantal opdrachten werd zo groot dat zijn tweede onderkomen al gauw te klein werd. Hij moest opnieuw verhuizen. In 1858, amper twaalf jaar na de start van zijn bedrijf, moest hij voor de tweede keer naar een groter atelier verhuizen. Het bedrijf, waar hij als individualist was begonnen, telde inmiddels twintig werknemers. In dat jaar werd hij ook benoemd tot Oberreichsmeister, een titel die aangaf op welk niveau hij bezig was en wat de kwaliteit was van de produkten die hij afleverde.

Ook de groothertog van Saksen-Weimar stak zijn bewondering voor de uitstekende instrumenten niet onder stoelen of banken. In 1860 werd Zeiss benoemd tot

universiteitsinstrumentmaker en drie jaar later, in 1863, zelfs benoemd tot hofinstrumentmaker.

Gouden medaille

Zijn inzet werd niet alleen door de groothertog bewonderd en door de gebruikers gehonoreerd. Op de Allgemeine Thuringischer Gewerbeausstellung van 1861 in Weimar was Zeiss een van de 28, van de in totaal 1300, exposanten die de gouden medaille kregen, en wel voor de kwaliteit en afwerking van zijn produkten. Op de oorkonde, die bij deze gouden medaille hoort, stond de volgende bevestiging: "... De instrumenten van Zeiss behoren tot de betere die er in Duitsland worden gemaakt, aangezien alle lenzenstelsels vlakke, scherpe en lichtsterke beelden geven ..."

Concurrentie

Zeer waarschijnlijk zouden vele genoegzaam achteroverleunen en voor enige tijd op hun lauweren gaan rusten. Dit paste echter niet bij Carl Zeiss. Hij was een kritisch perfectionist en was zich terdege bewust van de concurrentie uit het buitenland. In Frankrijk, Engeland, maar ook in zijn eigen geboorteland Duitsland waren het alleen de beste precisie-instrumentmakers die aan universiteiten en wetenschappers mochten leveren. Ook in die tijd gingen de ontwikkelingen in de wetenschap en techniek razend snel. Daarboven hadden zij behoefte aan een goed instrumentarium.

Zeiss was er zeer van doordrongen dat hij wat moest doen om de concurrentie voor te blijven. Maar wat? Zeiss bouwde enkele jaren microscopen, zijn meeste concurrenten daarentegen tientallen jaren. Dus het ontbrak hem aan echte ervaring. In die tijd was er nog geen wetenschappelijke benadering van het probleem van de afbeeldingskwaliteit van de optische systemen (objectieven) van microscopen.

Trial and Error

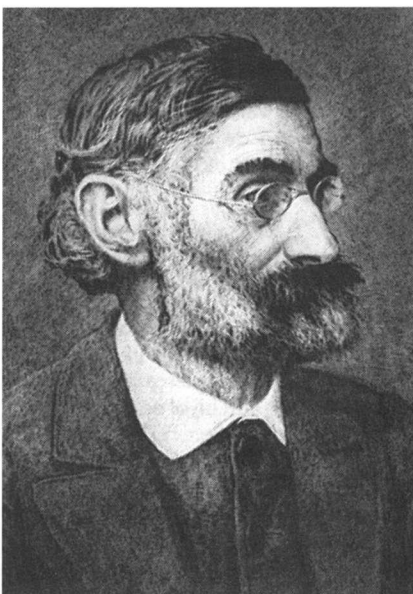
Met veel, ontzettend veel proberen, proberen en nog eens proberen, trachtte men lenscombinaties te vinden waarbij de afbeeldingskwaliteit goed was. "Goed" wilde zeggen dat resterende afbeeldingsfouten, niet alleen kleurfouten, maar ook scherpefouten erg klein moesten zijn en vooral een vlak veld werd door de gebruikers uitzonderlijk hoog op prijs gesteld. Gelukkig onderkende hij dat hij niet de enige was die op deze manier

werkte. Ook de instrumentmakers in Frankrijk en Engeland, die toen toonaangevend waren, stelden hun instrumenten op deze wijze samen. Door deze manier van werken kan men zich voorstellen dat de ene microscoop de andere nog niet was. Uiterlijk wel, maar van binnen en qua afbeeldingskwaliteit was het resultaat niet voorspelbaar. Zeiss en zijn medewerkers moesten beschikken over een grote portie geduld om lenzen bij elkaar te zoeken die leidden tot een objectief dat aan de door hen gestelde eisen voldeed. Dat daarbij toeval en geluk een niet onaanzienlijke rol van betekenis speelden kan men zich voorstellen. Wat vooral bekritiseerd werd door de gebruikers was niet alleen de scherpte die niet bevredigend was, maar ook de brillantie en vooral de kleurenreinheid was vaak reden om een instrument als onvoldoende te beschouwen.

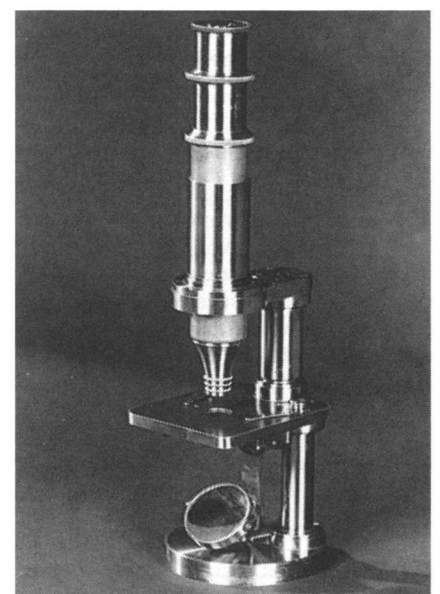
Daarbij stond de drang tot perfectie bij Zeiss bovenaan in het vaandel en derhalve testte hij hoogstpersoonlijk zijn instrumenten. Dat hij daarbij erg kritisch was getuigt wel de melding dat menige microscoop niet belandde op de werktafel van de wetenschapper maar als een tot gruzelementen in elkaar geslagen hoop "oud" messing in de schrootbak van de nog kleine fa. Zeiss.

Theoretische aanpak

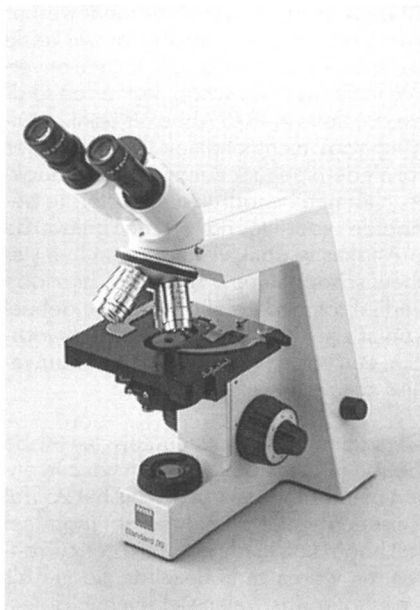
Zeiss was er echter van overtuigd dat er



Prof. Dr. Ernst Abbe, 1840-1905. Stichter van de Carl Zeiss Stiftung. Hij was wetenschapper, uitvinder, ondernemer en sociaal-hervormer in een persoon.
(Foto: Archief Carl Zeiss Oberkochen)



Stand techniek van microscopen rond 1865. De duizendste microscoop zal er ook ongeveer zo uitgezien hebben. Typisch voor die tijd: één oculair, één objectief.
(Foto: Archief Carl Zeiss Oberkochen)



Een schril contrast met de historische microscoop uit 1865. Andere vormgeving, een aantal objectieven, binoculaire inkiijk, ingebouwde verlichting, kruistafels voor het verplaatsen van het preparaat en een tafel met microscherpstelling (aflezing 0.001 mm!). Hadden de eerste microscopen geen of nauwelijks toebehoren, deze kan uitgebreid worden met allerlei nuttige zaken.

ook een andere manier van werken moest bestaan. Hij had gehoord dat voor de steeds populairder wordende fotografie speciale lenzen door middel van berekeningen ontworpen werden. Deze fotografische lenzen bezaten een vlak veld en dat was in die tijd toch wel iets bijzonders. Het moest dus ook mogelijk zijn om objectieven voor microscopen te ontwerpen door middel van berekeningen. Door de samenstelling van het objectief, opgebouwd uit een aantal lenzen met ieder hun specifieke lensvorm, van te voren te bepalen kon men over een grote serie instrumenten garanderen dat de kwaliteit overeenkomstig was.

Daarmee was Zeiss een van de, zonet de eerste die inzag dat deze manier van aanpak nodig was om te komen tot een goed voorspelbaar resultaat. Hij was ervan overtuigd dat de techniek niet veel verder kwam zonder de inzet van de wetenschap. Helaas reikte zijn mathematische en theoretische kennis van de optica niet zover om zijn gedachte in de praktijk om te zetten.

Abbe doet zijn intrede

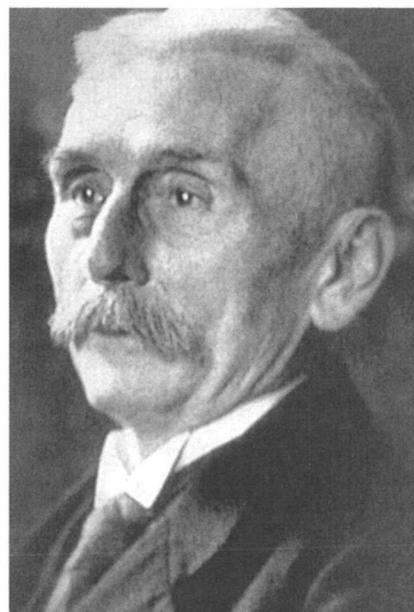
Zo nam Zeiss in 1866 contact op met Ernst Abbe, die privaattoecent was aan de universiteit van Jena. Of het toeval was of de

druppel die de emmer deed overlopen, maar op 28 mei van dat zelfde jaar leverde hij zijn duizendste microscoop uit waarbij het objectief door middel van trial and error in elkaar was geknusteld. Zeiss vroeg aan Abbe of hij zich wilde verdiepen in de optica van de objectieven van microscopen en zodoende de ontwikkeling en de bouw van microscopen een wetenschappelijk fundament kon geven. Abbe bedacht zich geen moment en stortte zich met hetzelfde fanatisme op de theoretische kant van de zaak als Zeiss jaren daarvoor op de mechanica. In korte tijd ontwikkelde Abbe theorieën over de voorwaarden waaraan optische elementen in een samenspel als objectief moesten voldoen om al op voorhand een uitspraak te kunnen doen over hun optische prestaties als combinaties. Deze theorieën zijn zo hard dat ze heden ten dage nog geldig zijn en elke dag gebruikt worden.

Daarbij beperkte Abbe zich niet tot microscopen maar zette zijn kennis ook in voor andere technische toepassingen. Voorbeelden zijn daarvan genoeg te noemen, bijvoorbeeld de refractometer, een apparaat om de brekingsindex van glas of vloeistof te bepalen, de fokometer voor het bepalen van de brandpuntsafstand van een lenscombinatie, de apertometer voor het bepalen van het werkzame deel van een lens in een lenscombinatie. Ook wist hij vele instrumenten te verbeteren zoals de spectrograaf, die het licht ontleedt in zijn kleuren of de verbetering van de sferometer, een instrument waarmee de kromtestraal van het holle of bolle oppervlak van een lens nauwkeurig bepaald kan worden.

Door deze instrumenten te gebruiken was het voor de medewerkers van Zeiss mogelijk om de producten die zij vervaardigden gemakkelijk te controleren. Zodoende konden deze getoetst worden aan de theoretische waarden die voortkwamen uit de optische berekeningen en analyses van Abbe. Eindelijk bleek het mogelijk reeds in een vroeg stadium de (deel)produkten nauwkeurig te toetsen aan eisen die eraan gesteld werden.

Natuurlijk is zo'n opzet snel bedacht maar gaat de uitvoering niet van een leien dakje. Als kwaliteit hoog in het vaandel staat, dan kost dat moeite. Niet alleen qua persoonlijke inzet, maar ook financieel. Abbe bracht daarbij de firma Zeiss bijna aan de afgrond en het voortbestaan hing aan een zijden draad. Maar zoals in het begin van het artikel reeds werd gememoreerd was Zeiss een man die niet stil in een hoekje zat. Door deze si



Otto Schott, 1851-1935. Grondlegger van de fabricage van hoogwaardige optische glassoorten. Met zijn homogene en reproduceerbare glassoorten werd het mogelijk om optische systemen te ontwerpen met hoge afbeeldingseigenschappen.

tuatie was het juist een uitdaging voor hem om de koe bij de horens te pakken en zich met een enorme inzet in te zetten om zijn doel te bereiken, immers het beste was maar net goed genoeg. Het heeft hem beslist pijn gedaan dat in het begin van de theoretische aanpak de optische kwaliteit van de instrumenten nog niet zo goed was als die zij voorheen door middel van trial and error in elkaar geknusteld hadden. Maar Zeiss was zo oprecht dat hij wist dat Abbe zijn theorieën aan het ontwikkelen was en de eerste resultaten waren zeer hoopvol en bovendien vertoende de kwaliteit een opgaande lijn. Hij hoefde dus niet bezorgd te zijn, hetgeen niet inhoudt dat hij onbezorgd was.

In 1872 verscheen een nieuwe catalogus van Zeiss met zijn leveringsprogramma van microscopen en nevenapparatuur. Het was al zijn negentiende, in de 26 jaar sinds de oprichting.

Het was de eerste catalogus waarin hij trots de opgenomen optische systemen de kwalificatie meegaf: "auf Grund der theoretischen Berechnungen von Herrn Professor Abbe aus Jena konstruiert" (vertaling: op grond van theoretische berekeningen van professor Abbe te Jena geconstrueerd). Deze opmerking heeft nog lang als reclamespreuk gegolden. Later was het zo'n vanzelfsprekendheid dat het werd weggelaten.

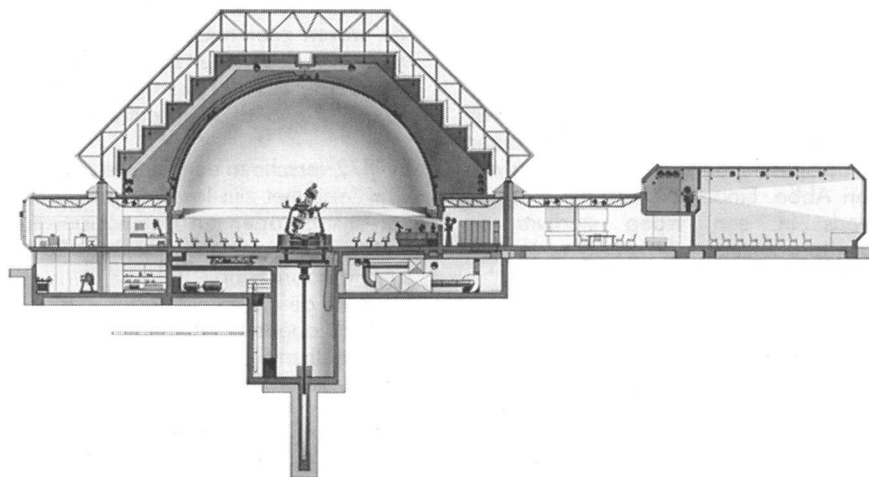
Zeiss, een uniek bedrijf



Een planetarium in actie. Het is een halterconstructie waarbij met de ene halter de noordelijke sterrenhemel geprojecteerd wordt en met de andere de zuidelijke. Tussen de twee halters zijn duidelijk etages te zien waarin de projectoren zijn ondergebracht voor de zon, maan en met het blote oog zichtbare planeten. Verder bevinden zich aan de zijkant hemelprojectoren voor wolken, noorderlicht, e.d. Ook bevinden zich boven op de grote halters nog kleine projectiebollen waarmee de coördinatenstelsels en de figuren van de sterrenbeelden worden geprojecteerd. Het geheel kan de bewegingen van de sterrenhemel, zon, maan en planeten met een ongekende precisie en voor elk willekeurig tijdstip en plaats op aarde simuleren.

Op de voorgrond het bedieningspaneel. De omvang hiervan getuigt reeds van de veelheid van mogelijkheden met dit instrument.

(Foto: Archief Carl Zeiss Oberkochen)



Een doorsnedetekening van een modern planetarium met bibliotheek en filmzaal. Duidelijk te zien is het projectie-apparaat in de geklimatiseerde koepel. Dit is het planetarium van Stuttgart.

Nederland heeft een groot (koepeldiameter twintig meter) planetarium dat in Artis staat. Verder staat er in het Planetron te Dwingelo een kleine versie (koepeldiameter tien meter) van een dergelijk planetarium.

Abbe profileerde zich als de medewerker van Carl Zeiss. Al spoedig ontwikkelde het span Zeiss en Abbe zich tot een onverbreekelijk tweemanschap, wat ertoe leidde dat Zeiss in 1875 Abbe als dankbetuiging voor diens ongelofelijke prestaties tot mede-eigenaar van zijn bedrijf maakte. Hiermee benadrukte Zeiss dat de behaalde vooruitgang en de geleverde prestaties te danken waren aan hun gemeenschappelijke arbeid. Dat hij Abbe verhief tot mede-eigenaar kwam geheel vanuit zijn karakter: eerlijk en rechtvaardig, een in die tijd bij industriële nauwkeurig aanwezig eigenschap.

De samenwerking tussen Zeiss en Abbe begon intussen ook voor zijn concurrenten merkbaar te worden. Was het zo dat Zeiss een tiental jaren daarvoor maar net het hoofd kon bieden aan die concurrenten, nu waren zij in dezelfde positie als Zeiss toen was. Velen stelden hun objectieven nog steeds samen door middel van trial and error en zij waren zo eigenzinnig om niet aan te nemen dat er wel degelijk een theoretische achtergrond was. Zij waren zo overtuigd van de "onzin" die Zeiss en Abbe in hun catalogi schreven dat zij te goeder trouw bleven beweren dat de enige goede instrumenten niet uit de fabrieken in Jena kwamen. Helaas voor hen bleek spoedig dat juist de enige goede uit Jena kwamen. De beste kwaliteit komt "aus Jena" werd al spoedig een reclame slogan die tot die in de twintigste eeuw zou blijven gelden. Van die concurrenten van toen zijn er slechts zeer weinigen overgebleven.

Optisch glas

Maar net zoals het leven van een techneut niet over rozen gaat, zo ging het leven van Zeiss en Abbe ook niet over rozen. Al gauw constateerden zij dat de optische kwaliteit niet altijd overeen kwam met die van de theorie. Eerst dachten Abbe en zijn medewerkers aan onvolkomenheden in de berekeningen. Maar spoedig kwamen zij tot de conclusie dat een van de belangrijkste oorzaken lag in de kwaliteit van de toegepaste optische glassoorten. De spreiding in de kwaliteit van het glas was erg groot. Naast een hoge zuiverheid van optisch glas, waarvan het bereiken al een kunst op zich was in die tijd, moesten de glassoorten ook steeds voldoen aan de specifieke brekingswaarden.

Elke soort glas heeft voor elke kleur een eigen brekingsindex. Als bij een en dezelfde glassoort er kleine verschillen zijn bij de fabricage (afkoelingsnelheid van het

glas bijvoorbeeld) dan kunnen deze brekingsindices voor de diverse kleuren iets ten opzichte van elkaar verschillen. Is dat het geval, dan gaat dat ten koste van de optische kwaliteit van het objectief dat ontworpen werd. Immers, de weg verandert die het licht door het glas aflegt.

Nu was het vrij gemakkelijk om glas in een batch een redelijke kwaliteit en homogeniteit te geven. In verschillende batches was dat erg moeilijk; de verschillen bleken telkens groter als wenselijk was.

Schott levert optisch glas

Abbe reisde stad en land af om glasfabrikanten te vinden die het nut ervan inzagen om in het oplossen van dit probleem tijd en geld te steken. Maar helaas, niemand scheen interesse te hebben. Na negen jaar zoeken vond Abbe in 1879 eindelijk een glaschemicus die er wel oren naar had. Het was Otto Schott, ten reeds een internationaal bekend en gerespecteerd glaschemicus die bij zijn vader werkte die een glasfabriek had voor onder andere vensterglas. Abbe wist Schott ervan te overtuigen dat er energie moest worden gestoken in het homogeniseren van glas en dat er een systematisch onderzoek nodig was om glas reproduceerbaar te kunnen produceren.

Al snel had Schott een methode gevonden om glas te homogeniseren. Hij deed daarbij iets dat tot dan toe gold als een absoluut verbod bij de bereiding van glas: roeren. Het verhaal gaat dat Schott, een verwoed pijproker, in zijn laboratorium bezig was. Daarbij morste hij as in een pan met vloeibaar glas (vergelijkbaar met honing). Al roerende probeerde hij dit eruit te krijgen en tot zijn verbazing zag hij dat allerlei lucht- en gasbelletjes verdwenen. Het glas werd homogener, en dat was niet het enige. Reeds enkele jaren nadat Schott bezig was kon hij al een klein aantal optische glazen reproduceerbaar vervaardigen. Dit lukte omdat hij de standaard recepturen van kwartszand, soda en potas uitbreidde met kleine hoeveelheden andere elementen, waarvoor hij begon met borium, lithium en fosfor.

Door deze successen werd spoedig het Glastechnische Laboratorium opgericht. Het aantal glassoorten dat Schott kon maken groeide en de kwaliteit werd steeds beter. Ook buiten Zeiss vond het optische glas gretig affrek. Het leidde ertoe dat Schott spoedig zijn eerste glascatalogus uitbracht.

De Zeiss/microscop werd intussen een begrip. Zozeer zelfs dat op 24 september

1886 reeds de tienduizendste microscoop de fabriek verliet. In dat jaar werd ook het veertigjarig bestaan van het bedrijf gevierd, dat toen reeds 250 medewerkers telde. Dit alles was voor de Pruisische staat aanleiding om een subsidie te geven van maar liefst zestigduizend goldmark om het Glastechnische Laboratorium te integreren in de Zeiss-fabrieken.

Zeiss' erfenis

Carl Zeiss heeft niet lang kunnen genieten van de grote vooruitgang van zijn bedrijf. Op 3 december 1888 stierf hij, ruim 72 jaar oud. Zijn zoon Roderich zette toen het bedrijf voort.

Van begin af aan was het duidelijk dat Zeiss een zeer sociaal voelend en handelend mens was.

Nu Zeiss niet meer was, bleek ook Abbe een uitermate sociaal bewogen mens te zijn met omgekende, zelfs revolutionaire, ideeën. Vele andere sociaal en economische terreinen werden door hem geopend.

Helaas, Roderich Zeiss was een geheel andere persoonlijkheid dan zijn vader Carl. Minder interesse voor de zaak en meer in het uitgeven van geld aan onzinnige zaken die niets met het bedrijf te doen hadden. Dat deed Abbe erg pijn. Immers Zeiss en hij hadden het bedrijf opgebouwd en hij zag het aandeel van Zeiss sterk afbrokkelen.

Abbe heeft Carl Zeiss altijd in hoge mate bewonderd en vereerd. Zozeer zelfs dat hij in 1889 de Carl Zeiss Stiftung oprichtte. Daarin bracht hij zijn eigen kapitaal onder.

Het heeft enige tijd geduurd en het zal veel overredingskracht gekost hebben om Roderich ervan te overtuigen dat de geest van zijn vader verder moest leven. Daarom kocht hij Roderich uit de zaak en bracht dat deel eveneens onder in de Carl Zeiss Stiftung.

Zeiss Stiftung

Doch niet alleen Zeiss en Abbe waren zeer sociaal bewogen. Ook Schott was dat. Ook hij bracht een klein deel van zijn bedrijf en vermogen onder in de Stiftung. De statuten van deze stichting waren zeer scherp gesteld. Voor die tijd, het is nog steeds de negentiende eeuw, kwamen zaken naar voren die nu nog in menige CAO ontbreken.

De belangrijkste statuten waren dat het doel van de stichting was niet alleen het maken van winst en een deel van de winst

ten goede te laten komen aan de werknemers (winstdeling!!), maar ook het vervullen van sociale verplichtingen jegens hun werknemers, het dienen van het algemeen belang en het bevorderen van het mathematisch-wetenschappelijk onderzoek.

Een nieuwe vorm van een arbeids/fabrieksorganisatie was ontstaan gebaseerd op statuten die juridisch nageleefd moesten worden.

Sociale zekerheid

Er werd een negen-urige werkdag ingevoerd, pensioenen en weduwengeld tot zelfs 75% van het laatst verdiende loon, loon doorbetaling bij ziekte, doorbetaalde vakantie, een verbeterde rechtspositie bij ontslagprocedures, winstuitkering en dat in de negentiende eeuw terwijl er in het Duitsland van toen een zeer grote sociale onrust heerste. In 1900 werd de dagelijkse werktijd zelfs verkort tot acht uur. De Carl Zeiss Stiftung is daarbij mogelijkwerwijs het eerste bedrijf ter wereld dat statutair een acht-urige werkdag invoerde. In ieder geval was de Carl Zeiss Stiftung het bedrijf dat voorop liep met sociale vernieuwingen. Kritici en vooral andere bedrijven, die het helemaal niet zinden dat de Carl Zeiss Stiftung zover ging, voorspelden dat het bedrijf aan deze bedrijfspolitiek ten onder zou gaan. Geen enkel bedrijf zou in staat kunnen zijn zich dergelijke zware lasten te veroorloven. Het omgekeerde bleek echter waar. Het sociale karakter bleek enorm motiverend te werken op de werknemers en het bedrijf groeide sneller als nooit eerder in zijn geschiedenis. Daarbij werd niet alleen verder gegaan met de instrumenten die tot dan toe werden gefabriceerd. De creativiteit kende geen grenzen en al spoedig werden andere instrumenten ontwikkeld, zoals telescopen, fototoestellen, foto-objectieven, geodetische apparatuur, medische apparatuur, etc. De Zeiss Stiftung opende al snel verkoopkantoren over de hele wereld.

Zoals reeds eerder werd vermeld was Otto Schott eveneens een sociaal voelend mens. In 1919 bracht hij zijn gehele aandeel in de glasfabriek onder in de Carl Zeiss Stiftung, die dus nu eigenaar werd van zowel de optische en mechanische fabricage alsook van de glasfabricage. Daardoor groeide het aantal medewerkers van de Stiftung uit tot boven de tienduizend.

Zeiss en het Derde Rijk

Kort daarna begonnen de zwartste da-

Zeiss, een uniek bedrijf

gen uit de geschiedenis van Duitsland. De nationaal-socialisten onder leiding van Hitler kwamen in 1933 aan de macht. Zij zagen met hebzuchtige ogen naar de organisatie die was ontstaan uit een gezamenlijk streven naar kwaliteit en sociale beweging. Immers in de ogen van de nationaal-socialisten was de Stiftung een bedrijf dat erg sterke trekken vertoonde van liberalisme en marxisme. Die termen waren in het Duitsland van toen besmet. Het ging zelfs zover dat de Thüringer minister, Jena ligt in Thüringen, probeerde het bestuur van de Stiftung zover te krijgen dat zij de statuten aan zouden passen aan de zienswijze van de nationaal-socialisten. Het bestuur kwam flink onder druk, maar ook hier bewees de Stiftung weer het jaren lange concept: saamhorigheid. Het bestuur slaagde er in met alle rechtsmiddelen die tot haar beschikking stonden de statuten van de Stiftung te laten zoals ze waren. Er werd zelfs gesproken dat er een Zeiss-geist (geest) door het bedrijf waarde.

Toch kon niet voorkomen worden dat een deel van het, vooral hoger, personeel op een zijspoor werd gezet of zelfs werd gedeporteerd.

Ook konden de Zeiss-fabrieken er niet onderuit tevens werkzaam te zijn voor de oorlogsindustrie. Talloze optische instrumenten, zoals verrekijkers, richtkijkers, periscopen, afstandsmeters (radar was

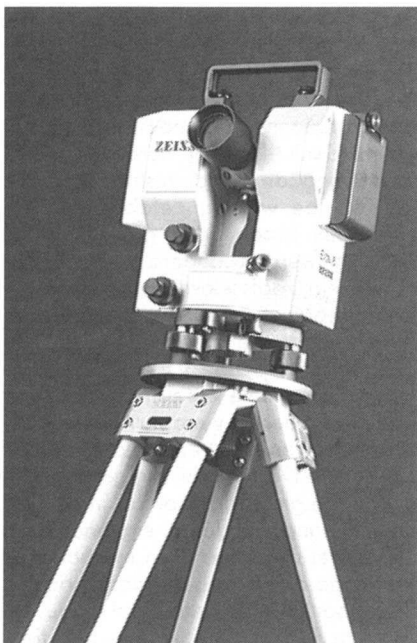
immers nog niet uitgevonden), luchtcarteringscamera's verlieten de fabrieken. Maar niet alleen optische instrumenten, ook mechanische apparatuur ten behoeve van de strijdkrachten moesten worden vervaardigd.

De na-oorlogse Zeiss

Ook de Zeiss-fabrieken hadden te lijden van het oorlogsgeweld. In april 1945 waren de geallieerden tot Thüringen doorgedrongen en waren het de Amerikanen die Thüringen bezetten. Bij de overeenkomst van Jalta werden echter bezettingsafspraken gemaakt die de Zeiss-fabrieken sterk parten zouden spelen. Wat was het geval? De Russen hadden Berlijn veroverd. Maar de geallieerden waren van mening dat Berlijn zelf opgedeeld moest worden onder de geallieerden en de Russen. Dat nam Rusland niet zonder slag of stoot en stelde tegeneisen. Gebieden die door de geallieerden waren bezet moesten ook opgedeeld worden. Dit had tot gevolg dat Jena in de Russische bezettingszone terecht kwam, de latere DDR. De Amerikanen, die dit zagen aankomen, hadden de kracht van het bedrijf inmiddels onderkend. Zij zagen in Zeiss een enorm potentieel in kennen en kunnen en apparatuur. Nog voordat de Amerikanen zich terugtrokken uit Jena werd Zeiss gewogen met als resultaat dat

meer dan honderd hoge functionarissen van de Zeiss-Stiftung werden overgebracht naar Heidenheim, een stad in de Amerikaanse bezettingszone. Maar het bleef niet alleen bij de functionarissen. Ook een deel van de inboedel had de interesse gewekt. Zo gingen vrachtwagenladingen vol met bouwtekeningen, optische berekeningen, laboratoriumapparatuur, materialen en nog veel meer daarheen. Jammer genoeg werd ook een groot aantal kostbare authentieke en antieke instrumenten in beslag genomen en vonden een plaats in Amerika. Vele daarvan zijn zelfs niet meer teruggevonden omdat Amerikaanse soldaten ze beschouwden als leuke souvenirs. Vele andere zijn aan het verstoffen op Amerikaanse zolders of zijn zelfs ten prooi gevallen aan de Amerikaanse wegwerpmoeders.

In 1946, dus precies honderd jaar nadat Carl Zeiss zijn bedrijf oprichtte, werd in Oberkochen, een stadje van een paar duizend inwoners in de buurt van Heidenheim, begonnen met de wederopbouw van de Zeiss-fabrieken. In verband met goede aan- en afvoerwegen werd in Mainz een nieuwe glasfabriek gebouwd. In Jena stond de tijd ook niet stil en daar werd het "op zijn Russisch" gedaan. Dat hield in dat de hele inventaris en een groot aantal van de overgebleven werknemers (bijna 250 Zeiss- en ongeveer zestig Schott-medewerkers) naar Rusland



Ook in de tachymetrie (landmeetkunde) heeft de elektronica zijn intrede gedaan. Werden voorheen kijkers gebruikt met schaalringen en moest er achteraf flink wat rekenwerk verricht worden, nu gebeurt dit allemaal elektronisch en is een druk op een knop voldoende.



Een van de diverse types elektronenmicroscopen van de fa. Zeiss. In dit geval een raster-elektronenmicroscop. Zeiss heeft ook transmissie-elektronenmicroscopen. Qua uiterlijk verschillen die niet veel.

werden gedeporteerd. Dat was in oktober 1946. Zij moesten ervoor zorgen dat de optische industrie in Rusland weer van de grond kwam. Na een zestal jaren keerde een deel van hen weer terug naar Jena. Daar was echter veel veranderd. De Zeiss-Stiftung was al in 1948 door de regering van de DDR onteigend - er was immers geen plaats voor particulier bezit - en heropgericht als VEB (Volks Eigener Betrieb), een door de staat gecontroleerd bedrijf.

Deze opheffing van de Stiftung was voor de Zeiss-medewerkers in Oberkochen gunstig. Immers om de statuten staat dat de Stiftung alleen gezeteld mag zijn in Jena. Echter doordat de regering van de DDR daar geen prijs op stelde wisten de mensen in Oberkochen het zover te krijgen dat een stad in het vrije westen de zetel van de Stiftung kon worden. Het werd Stuttgart.

Zo ontwikkelden zich twee bedrijven, een in Jena in de DDR en een in het vrije westen in de steden Oberkochen en Mainz. Beide bedrijven claimen echter ieder voor zich de eer op de enige echte afstamming te zijn van het Statut van de Carl Zeiss Stiftung. Daarbij was het vooral voor het vrije westen aanleiding om duidelijk te maken aan de Oost Duitsers dat kapitalisme niet automatisch leidt tot uitbuiting en dat de belangen van kapitaal en arbeid wel degelijk kunnen worden verenigd tot een bedrijf dat voor en door zijn werknemers gedragen wordt. Daarbij was de VEB Carl Zeiss, de Stiftung mocht immers niet bestaan, een onvermijdbare concretisering van de wens van Carl Zeiss dat de produktiemiddelen eigendom zijn van zijn werknemers. In dit geval "het volk" en dat was het communistische ideaal dat aan allen werd voorgespiegeld.

Beide bedrijven ontwikkelden zich min of meer voorspoedig, ieder voor zich voortbouwend op de reputatie die het bedrijf Zeiss voor de oorlog reeds bezat. Ook al ging dat gepaard met verschillende ups en downs. Vooral het bestaan van het bedrijf in Oberkochen heeft verscheidene keren aan een zijden draadje gehangen. Oorzaak hiervan was het feit dat in het Statut van de Stiftung stond dat er geen vreemd (van buitenaf) geld mocht worden aangetrokken. Aandeelmissies waren dus uitgesloten. Was er geld nodig en deliquide middelen waren onvoldoende, dan moest er bij de bank geleend worden. Kredieten zijn duur en zo was het vaak mager gesteld met de financiën. Zo zeer zelfs dat dit leidde tot de ondergang van beroemde fabrieken die foto- en filmcamera's maakten, zoals Zeiss Ikon en Voigtländer.

Wie is de ware "Zeiss?"

Maar dat niet alleen. Ook de naam van het bedrijf was een bron van discussie die langs juridische weg moest worden uitgevochten. Wat was het probleem? Carl Zeiss in Jena stelde zich op het standpunt dat zij het enige recht hadden om de naam te voeren omdat in het Statut van de Stiftung Jena als zetel van het bedrijf dwingend was voorgeschreven. Deze opvatting was in strijd met het feit dat de DDR Carl Zeiss uit de stichtings- register had laten schrappen. Daarbij bracht Carl Zeiss in Oberkochen naar voren dat zij de beginsels van het Statut waren trouw gebleven. De strijd duurde ruim twintig jaar en in 1971 werd de strijdbijl begraven toen er een compromis werd bereikt.

De in 1990 geheel gewijzigde verhouding tussen Oost en West Duitsland is inmiddels voor de beide Zeiss-takken aanleiding geworden om de mogelijkheden voor samenwerking te bespreken. Deze gesprekken hebben als tussenresultaat opgeleverd dat het de bedoeling is de vier ondernemingen - Carl Zeiss Oberkochen, Schott Glasfabriek Mainz, VEB Carl Zeiss Jena en VEB Jena Glasfabriek - na een overgangstijd te laten samengaan in een Carl Zeiss Stichting. Rekening houdend met economische en sociale gezichtspunten zal het samengaan volgen zo gauw dit mogelijk en verdedigbaar is. Het zal duidelijk zijn dat de privatisering van de Oost Duitse tak hier een belangrijke factor is. In de overgangstijd willen de ondernemingen vriendschappelijk samenwerken en alle redelijke mogelijkheden benutten, die wederzijds van voordeel zijn.

Bezoek aan Zeiss in Oberkochen

Zoals in de inleiding reeds werd geschreven heeft de auteur van dit artikel een bezoek gebracht aan de Zeiss fabrieken in Oberkochen.

Als je in Oberkochen aankomt proef je al meteen dat Zeiss daar van grote invloed is. Het aanzien van het slechts 8000 inwoners tellende stadje - dat in het verleden stadsrechten verkreeg - wordt door het bedrijf in belangrijke mate bepaald. De hoge kantoor- en produktiegebouwen toornen ver boven de overwegend in laagbouw gebouwde woningen. Kom je aan bij het hotel dan staat daar een gigantische roestvaststalen zonnwijzer die door Zeiss aan de stad is geschonken. En als je dan in de middagpauze in het bedrijfsrestaurant een maaltijd tot je neemt, dan blijkt dat dit restaurant een grote concertzaal met een prachtig toneel is die ook ter beschikking staat van de stad voor culturele en muzikale uitvoeringen.

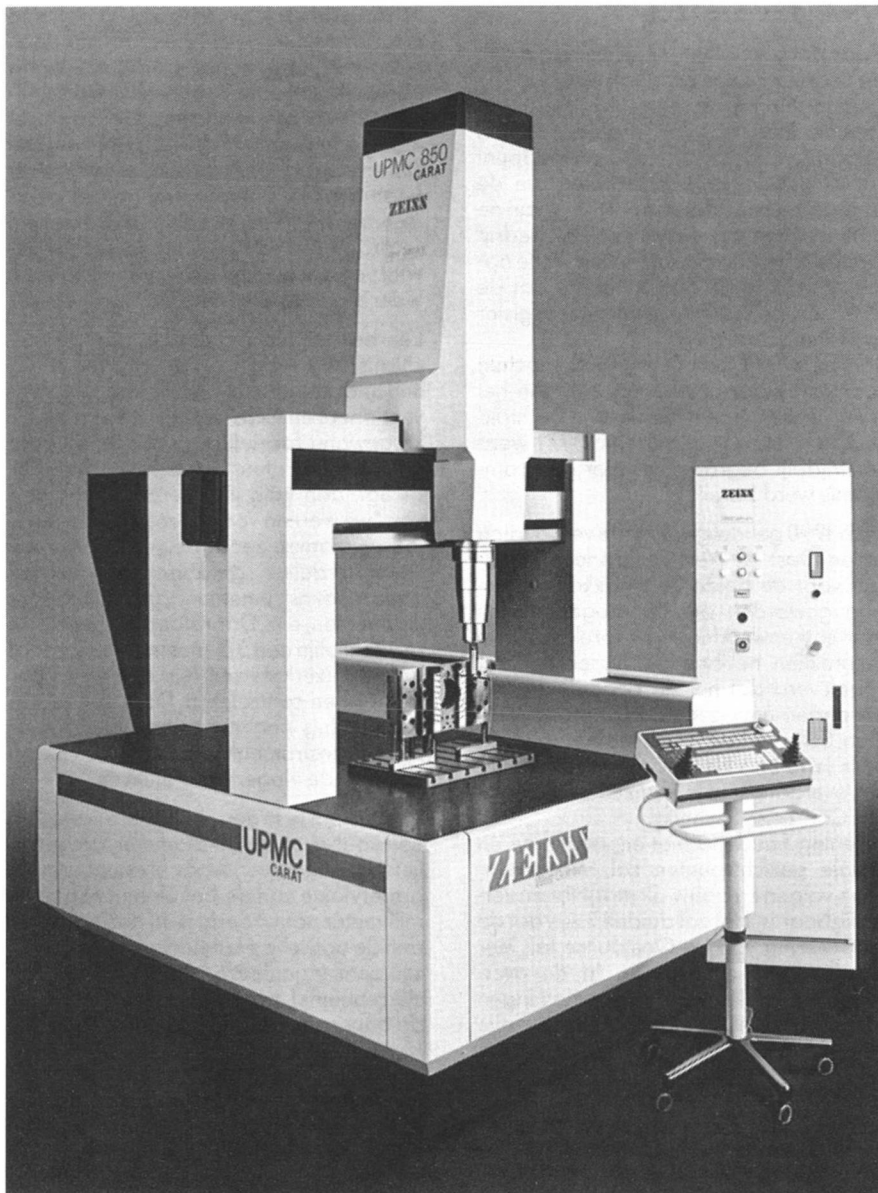
In het bedrijf zelf, waar je ook komt, is een sfeer voelbaar die aangenaam aandoet. Nergens heb je de indruk dat er dwang heerst. Alles gaat zo soepel en gedisciplineerd. Voor ons Nederlanders is dat wat moeilijk te vatten. Is dat nou dat typische Duitse of is dat typisch Zeiss. In ieder geval geeft het een aangenaam gevoel als je met medewerkers praat in de fabrieken. Je proeft onmiddellijk het collegiale gevoel van: wij werken voor onszelf en voor iedereen in dit bedrijf.

Een bezoek werd gebracht aan de mechanische fabricage. Een enorme afdeling met gereedschapswerktuigen, conventioneel en CNC. Het doet lijken als elke gewone fabriek maar als je de staat van de apparatuur ziet en hoe de zaak er bij ligt, dan krijg je inderdaad dat idee van "wij werken voor onszelf". Nog meer indruk maakte een afdeling waar precisie-onderdelen gefabriceerd werden voor meetinstrumenten, geodetische instrumenten, enz. Daar stond zomaar in de produktielijn een 3D-meetmachine zodat de medewerkers zelf hun eigen producten konden controleren. Daarbij had deze afdeling nog een eigen meetkamer met een instrumentarium waarvan iedereen zich de vingers zou aflikken.

Voorts kom je in een "hal" in de vorm van een koepel, met een diameter van maar liefst twintig meter, waar elk punt aan de oppervlakte van de bol binnen een paar millimeter nauwkeurig is. In deze hal worden de optische planetaria gebouwd. Dit zijn zeer ingenieuze projectoren die de sterrenhemel projecteren en bovendien de banen van de planeten aan de hemel kunnen laten zien. Daarbij doet het er niet toe welk tijdstip je wilt laten zien. Dat kan de dag en tijd van dat moment zijn, maar evenzo een paar duizend jaar later of vroeger. Ook is het mogelijk een reis om de wereld te maken en kun je ook de sterrenhemel zien van het zuidelijk halfrond. Voorts zijn er nog een groot aantal hulp-projectoren om wolken (die bewegen!) te projecteren, noorderlicht, zon en maan, of zons- en maansverduisteringen. Ook kunnen ruimtereizen gesimuleerd worden en kan de sterrenhemel, met de aarde boven de horizon, vanuit de maan getoond worden. Het doet je echt wat als je ziet dat zo'n projectieplanetarium bestaande uit meer dan 300.000 onderdelen in een maand of vier wordt samengebouwd met een ijzige precisie. Klap op de vuurpijl was dat het planetarium dat ze op dat moment aan het samenbouwen waren bestemd was voor Nederland (het Planetron in Dwingelo) en dan ook nog voor een aantal hobby-collegae die je zelf kent.

Vervolgens werd, na de lunch, een be-

Zeiss, een uniek bedrijf



Een 3D-meetmachine met zeer hoge meetnauwkeurigheid (meetonzekerheid over het hele werkgebied kleiner dan $1 \mu\text{m}$ per as). Door de constructieve opbouw en het gebruik van speciale metalen voor de geleidingen worden lagere klimaateisen aan de meetkamer gesteld.

zoek gebracht aan de afdeling waar precisie-optiek werd vervaardigd. Ook hier weer het typische gevoel dat 's morgens reeds onder de bezoekers kwam toen er gesproken werd met de mensen van de mechanische fabricage. De rondleiding ging verder naar de afdeling van de vervaardiging van astronomische optiek. Naast laser-optiek is astronomische optiek de meest nauwkeurige optiek die er bestaat. Er is echter een groot verschil. Waar laser-optieken afmetingen in het centimeter gebied hebben, zijn dat bij de astronomische instrumenten veelvoud daarvan.

Het is dan ook een ervaring als je in een

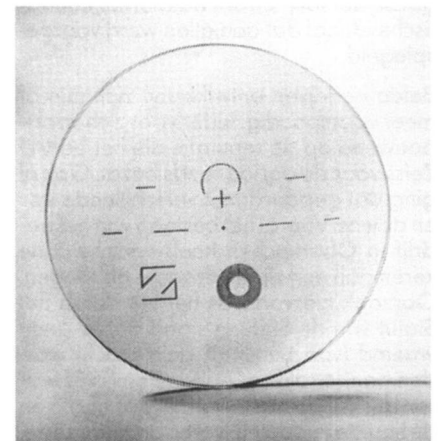
afdeling mag binnenkomen waar op de deur drie keer gewaarschuwd wordt dat deze uitsluitend toegankelijk is voor medewerkers van die afdeling. Daar zie je dan dat daar spiegels en lenzen gemaakt worden met afmetingen tot 3.5 meter met een profielzuiverheid van $0,00002 \text{ mm}$!! Zonder schroom durft men dan ook nog te zeggen dat er wel eens een foutje werd gemaakt door een onderhouds-monteur die zijn schroevendraaier liet vallen op een dergelijke spiegel en zo een schade te weeg bracht van maar liefst 15 miljoen Duitse mark.

Ook kom je op een gegeven moment in een immense hal, die kubusvormig is met

een ribbe van wel dertig meter. De hal is bijna helemaal leeg, alleen beneden op de vloer staan een paar kleine kratten met onderdelen. Inderdaad, een dure opslagruimte; het schijnt de duurste van Europa te zijn. Maar het is geen opslagruimte.

Deze immense ruimte, waarin ook nog de temperatuur en vochtigheid binnen resp. 2°C en binnen 5% geregeld kan worden, is gebruikt voor het assembleren van de grootste telescopen die in Europa ooit gebouwd zijn. De hele telescoop wordt tot de laatste schroef gemonteerd en op hart en nieren uitgetest. Daarna wordt deze weer gedemonteerd en met speciaal-transporten naar de plaats van bestemming vervoerd. Deze ruimte wacht op de volgende order; zulke grote instrumenten (3,5 m spiegel diameter) worden echter niet vaak gebouwd.

Zeiss is een van de grootste fabrikanten op het gebied van brillenglazen. In het magazijn liggen meer dan 75.000 verschillende soorten glazen met een totaal aantal van bijna een half miljoen. Dagelijks verlaten meer dan 50.000 brillenglazen de fabriek. De doorlooptijd van een opdracht (opticiën is de opdrachtgever) is voor gewone glazen gemiddeld minder dan 24 uur! Zijn er speciale glazen die niet op voorraad liggen, speciale te slijpen vanaf een ruwe lens, dan wordt nog altijd een leverdatum gehaald van ... drie dagen. Erg belangrijk bij brillen is natuurlijk dat de klant die de bril nodig heeft ook werkelijk de goede glazen krijgt. Het foutpercentage is echter ontzettend klein, slechts 0,3%. Dit vinden de medewerkers echter nog steeds 0,3% teveel, immers het



Een brillenglas waarvan de sterkte geleidelijk verandert. (Voor de ouderen onder ons: een bril voor veraf en dichtbij). Het glas is voorzien van merktekens die de opticiën nodig heeft om het in de goede stand te plaatsen in het montuur. De merkwaaardige haakjes links van de vette cirkel zijn geen merktekens maar is een gestileerde Z (van Zeiss).

gaat daarbij nog steeds om 150 glazen! De fabricage van deze enorme aantallen zou bijna moeten betekenen dat er met een enorme druk gewerkt wordt. Dat is echter niet zo. Er heerst een enorme discipline en ieder is erop gebrand dat een goed produkt wordt afgeleverd. Dat wordt echter behoorlijk bemoeilijkt. Immers, aan de lens kun je niet zien welke lens het is, ze lijken allemaal op elkaar, wat een linker is, wat een rechter is, welke sterkte, enzovoort, enzovoort. Daarbij is te bedenken dat elke lens ongeveer twintig bewerkingen ondergaat voordat deze verzendklaar is.

Een grote wens van de auteur ging ook in vervulling. Praten met een optisch ontwerper. Zelf ontwerpt hij als amateur-astronoom optische systemen voor zichzelf en andere hobby-collegae. Als je dat dan als hobby doet en je hebt dan de mogelijkheid te praten met een professioneel ontwerper, ben je benieuwd naar diens aanpak. Het was een ervaring te horen dat de manier van ontwerpen overeenkomstig is. Ook de criteria zijn hetzelfde. Immers voor het ontwerpen van een optisch systeem heb je vier dingen nodig:

- een goed stel hersens (hoop ik!),
- een goed computerprogramma,
- een goede bibliotheek met voorbeeldsystemen die er op lijken, en
- een beetje geluk.

Voor dat laatste sprak enorm aan. Immers in de optica heb je zoveel variabelen die op zo'n ondoorzichtige manier aan elkaar hangen dat ontwerpen geen rechttoe rechtaan proces is. Op de vraag die gesteld werd hoe lang er over het ontwerpen van een nieuw objectief gedaan werd, werd ronduit geantwoord: als je geluk hebt een paar weken, heb je pech dan moet je na een of twee jaar mismoe-dig constateren dat het niet lukt. Als een ander het daarna oppakt kan het zijn dat hij er wel in slaagt toevallig in de buurt van een haalbaar ontwerp te prikken. Je vindt het wel jammer dat jij niet toevallig dat goede gevoel had en het dalletje vond in dat woeste tien of nog meer dimensionale berglandschap van de kwaliteit van optische systemen.

Ook een andere vraag ligt natuurlijk op de lippen. Er bestaan intussen zo'n duizend verschillende glassoorten. Als er een nieuw objectief ontworpen moet worden, zoek je dan altijd in de grote verzameling naar ideale combinaties? Verrassend antwoord: NEE. Je streeft naar een perfecte kwaliteit en dan is het vaak dat je net een glassoort nodig hebt die nog niet bestaat. Dan is het weer voor de mensen van de glasfabriek een uitdaging



De 3,5 m spiegeltelescoop van de sterrenwacht van Calar Alto. Het is een van de grootste kijkers van Europa en hoort ook bij de grootste ter wereld. Een paar getallen: totaal gewicht: 430 ton, beweegbaar 230 ton. Positie/nauwkeurigheid aan de hemel: 0,1 bgsec. Spiegels: asferisch, met een vormnauwkeurigheid $\pm 0,000.015$ mm.

om dat glas met die eigenschappen die jij net nodig hebt te ontwikkelen. Gelukkig zijn ze bij Schott reeds zover dat zij mathematisch al de eigenschappen van glas kunnen bepalen voordat er ook maar een druppel van dat materiaal gemaakt is. Het slot van het bezoek was aan het Optische museum. Hierin staan werkelijk juwelen van instrumenten. Niet alleen telescopen, ook geodetische apparatuur, brillen, toneelkijkers, verrekijkers, noem maar op. Een adembenemende collectie die nagenoeg geheel in een zeer uitstekende conditie verkeert. Een must voor iedereen die zich niet alleen voor de instrumenten van vandaag interesseert maar ook voor de geschiedenis ervan.

Enige grootse produkten van Zeiss

Als je per se wilt kun je jaargangen van Mikroniek vol schrijven over de meest prachtige instrumenten die bij Zeiss in Oberkochen vervaardigd worden. Dit zou niet goed zijn voor Mikroniek. Zeiss

heeft dat ingezien en geeft daarom ook een eigen tijdschrift uit, "Zeiss-Informationen" (in het Duits en Engels). Dit is natuurlijk een grapje, niet omwille van Mikroniek want Zeiss-Informationen bestaat veel langer dan Mikroniek. Het is een blad dat enkele keren per jaar verschijnt en op een zeer prettig leesbare manier achtergrond informatie geeft over nieuwe ontwikkelingen bij Zeiss.

Toch is het op zijn plaats om enkele instrumenten eruit te lichten die de moeite van het vermelden waard zijn en een beeld geven van het brede spectrum van de activiteiten van de firma Zeiss. Deze zijn samengevat in de onderschriften van de figuren die in het artikel verspreid zijn opgenomen.

Dankwoord

Een dankwoord voor de medewerking bij het totstandkomen van dit artikel wil de auteur richten aan: Zeiss Nederland: de heren Mees ten Oever en de Haas; Zeiss Oberkochen: de heren Zecher, Kraus en Dr. Ing. Besenmatter.

Het maken van braam

Algemene inleiding over ontbraamtechnieken

Ir. G.J. Streefland.

Het ontstaan van braam is inherent aan mechanische vormgevingstechnieken. Verwijderen ervan is veelal noodzakelijk vanwege functionele, visuele, montage-technische en proces-technische redenen.

Ingegaan wordt in dit artikel op de soorten braam, de oorzaken van het ontstaan, enkele oplossingen om het ontstaan te voorkomen en onderzoek aan conventionele ontbraamprocessen.

Het probleem "braam"

Braam ontstaat bij mechanische vormgevingstechnieken waarvan:

- verspanen,
- spaanloos vormen en
- spuitgieten

bij de serie- en massafabricage de voornaamste zijn. De soort braam die ontstaat is bij elk van deze technologieën verschillend.

Braam is ongewenst om een aantal redenen, en wel:

- functionele,
- visuele,
- montage-technische,
- proces-technische.

Functioneel is braam vrijwel altijd ontoelaatbaar, denk aan snijmesses, of onderling bewegende delen, of aan de kans op verwonding bij gebruik. Een bijzonder voorbeeld uit de elektrotechniek is elektrische ontlading aan de scherpe randen van metalen onderdelen die onder hoogspanning staan (corona).

Dat braam visueel ongewenst is behoeft amper enig betoog. Montagetechnisch is bij handmontage braam, in de eerste plaats alleen al vanwege de kans op verwonding, niet toelaatbaar. Ook bij automatische montage wordt de zekerheid waarmee een onderdeel geplaatst kan worden, verminderd door braam (pootjes van IC's en transistoren).

Bij vervolprocessen-lakken, galvaniseren, e.d. - is braam proces-technisch ongewenst, niet alleen om kwalitatieve overwegingen maar ook door de kans op vervuiling door braamresten. Braam zit nu eenmaal op een onbetrouwbare wijze vast aan een bewerkt onderdeel. Bij onderdelen die in hoogvacuüm functioneren kan vuil de reden zijn dat het gewenste vacuüm niet gehaald wordt.

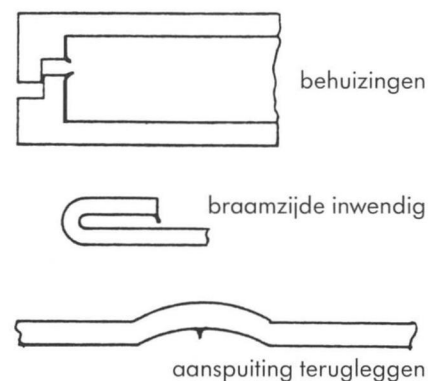
Een voorbeeld van braamvorming - het zagen van sleuven in scheerhoofden - toont *figuur 1*. Juist aan die zijde waar later het mes moet lopen. Het ontbraamen wordt hier opgesplitst in drie handelingen:

- het verwijderen van de zaagbraam waarbij de snijkant scherp moet blijven;
- een vormcorrectie van de bovenzijde;
- polijsten van de bovenzijde (om visuele redenen).



Figuur 1 Vorm van de lamel bij een scheerhoofd voor en na ontbraambewerkingen.

Door een goed ontwerp is braam niet altijd even hinderlijk, bijvoorbeeld bij sierrand omhullingen, aanspuitingen te laten terugvallen, ruimte voor braam te maken. Zie *figuur 2*.

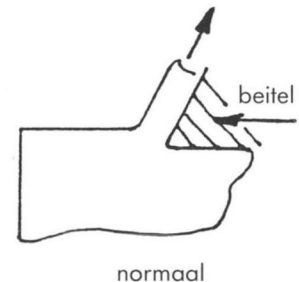
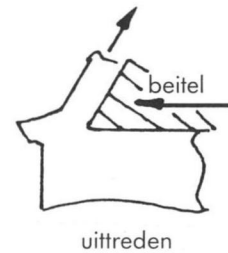


Figuur 2 Constructies waarbij braam niet hindert.

Braam bij verspanen

De braam bij verspanen - meestal in de vorm van scherpe vliesachtige randen - ontstaat vooral bij het uittrekken van het gereedschap uit het materiaal. Het laatste stukje spaan wordt dan vervormd tot braam, zie *figuur 3*. Naarmate de snijdruk aan de punt groter is, wordt meer materiaal de hoek omgeduwd.

De grootte van de braam wordt beïnvloed door:

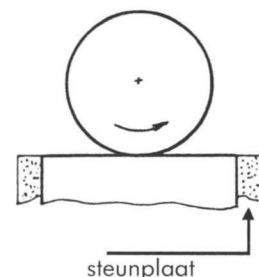


Figuur 3 Situatie bij het uittrekken van de beitel uit het materiaal.

- de scherpheid van het snijgereedschap, de beitel of slijpsteen, en
- de brosheid van het materiaal. Laat het materiaal zich nauwelijks vervormen dan breekt het laatste stukje in zijn geheel uit en ontstaat geen braam (maar een andere lelijke kant).

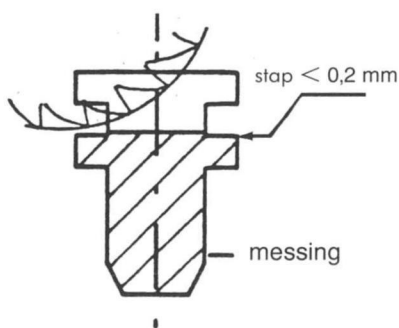
Van de mogelijkheden om braam te voorkomen worden hier twee voorbeelden gegeven:

- Door middel van extra toegevoegd materiaal kan de braam verplaatst worden naar buiten het werkstuk; zie *figuur 4*. Gezien de kosten is dit voor massafabricage minder geschikt.



Figuur 4 Een steunplaat ondersteunt de spaan bij het uittrekken van de steen.

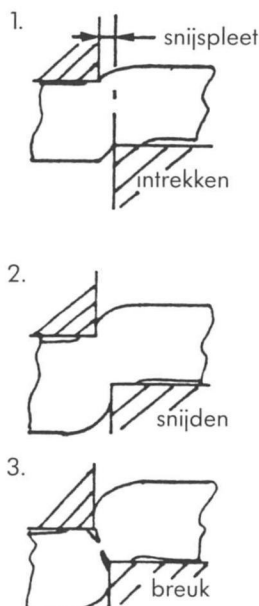
- Door een juiste vormgeving kan braam soms worden voorkomen, zoals getoond wordt bij het asje van een instelcondensator. In het asje wordt namelijk na het draaien de gleuf voor de instelschroevendraaier gezaagd. De diameterstap zorgt ervoor dat bij de zaagsnede geen braam ontstaat; de steun voor de spaan is hier het onderdeel zelf, zie figuur 5.



Figuur 5 Diameterstap in een draaionderdeel voorkomt braamvorming bij het zagen van de gleuf. Er zal geen braam ontstaan als de stap < 0,2 mm bedraagt.

Braam bij spaanloosvormen

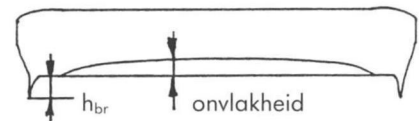
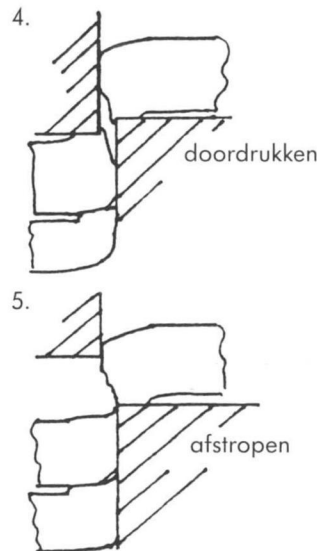
Bij koudvervormen gaat het meestal over braam ten gevolge van het stampen. Om het ontstaan van braam beter te kunnen begrijpen wordt het stampproces opgedeeld in de volgende fasen, zie figuur 6.



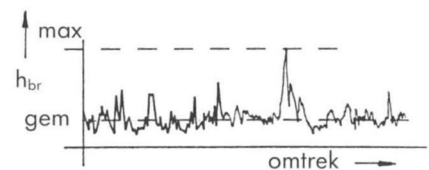
Figuur 6 Snijsproces bij stampen opgedeeld in fasen.

- Intrekken: Bij het eerste contact tussen snijder en materiaal plooit het materiaal zich rond de snijder en er ontstaat een afronding aan de bovenkant. Het materiaal zoekt steun op de snijmatrijs en vormt daarbij de zogenaamde drukrand.
- Snijden: Heeft het materiaal zich gezet, dan concentreren de vervormingen zich rond de punt van de snijder. Zolang de vervormingen niet extreem hoog zijn, of er een flinke druk aan de punt heerst, zal het materiaal niet spontaan verder scheuren.
- Breuk: Wordt de vervorming te groot, dan scheurt het materiaal. De scheur loopt weg van de punt van de snijder en/of de rand van de snijmatrijs, onder een hoek afhankelijk van het materiaal.
- Doordrukken: De samenhang met het omliggende materiaal is verbroken en het schrot (of produkt) wordt verder in de snijplaat geschoven. Daarbij ontmoet het het voorgaand schrot.
- Afstropen: Het omliggende materiaal klemt om de snijder als deze uit het gesneden gat wordt teruggetrokken.

Als we de braam willen opmeten, dan kan dit het beste ten opzichte van de drukrand



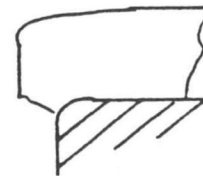
Figuur 7 Braamhoogte h_{br} en onvlakheid van een stampprodukt.



Figuur 8 Braamhoogteverloop over de omtrek van een stampprodukt.

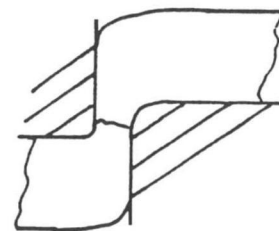
gebeuren; zie figuur 7. Veelal varieert de braamhoogte over de omtrek van het produkt sterk; zie figuur 8.

Bij het stampen is het gereedschap nooit oneindig scherp. Op de afronding van de snijkant ontstaat altijd wat braam; zie figuur 9.



Figuur 9 Normale braamvorming bij stampen.

Van wezenlijk belang bij het stampen is de snijpleet. Is deze te groot dan wordt het moment van breuk te lang uitgesteld en wordt het materiaal ver in de snijpleet getrokken; zie figuur 10. Dit heet smeerbraam.



Figuur 10 Smeerbraam bij te grote snijpleet.

Is de snijpleet te klein dan ontmoeten de scheur van de onderzijde en de scheur van de bovenzijde elkaar niet, waardoor het materiaal herhaalde malen opnieuw scheurt. De delen die daardoor ontstaan kunnen mee de snijpleet in getrokken worden, waardoor de zogenaamde extrusiebraam ontstaat; zie figuur 11.

Ontbraamtechnieken



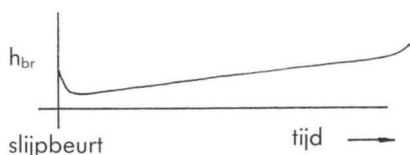
Figuur 11 Extrusiebraam bij te kleine snijspleet.

Andere vervelende oorzaken van braamvorming zijn:

- de scherppte van de snijder: een te grote afronding geeft smeerbraam;
- de scherppte van de matrijs: een te grote afronding geeft smeerbraam;
- het stapelen in de matrijs: produkten op elkaar gestapeld in de snijplaat geven een zo hoge druk dat versmering langs de rand optreedt;
- de druk bij fijnstampen: deze stelt het scheuren uit zodat extrusiebraam ontstaat.

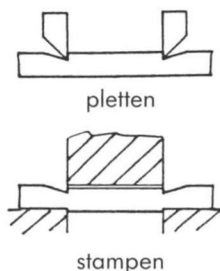
Mits de procescondities goed in de hand gehouden worden kan de braamhoogte van stampprodukten tot een minimum beperkt worden. Vaak is uitgesteld onderhoud oorzaak van te hoge braam. Een juiste afweging moet gemaakt worden tussen stampkosten (slijpen van gereedschap, stilstand, slijtage van gereedschap) en ontbraamkosten.

Na een slijpbeurt is de braam niet minimaal. De afronding van de snijkanten is zo klein dat scheurvorming te vroeg begint, wat overeenkomt met een te kleine snijspleet. Pas na even inlopen is de braam weer minimaal; zie figuur 12.



Figuur 12 Braamhoogte in de tijd na een slijpbeurt van het gereedschap.

Soms kan ook zonder braam gestampt worden:



Figuur 13 Braamloos stampen door eerst voor te pletten.

Door eerst te pletten komt het materiaal niet meer in contact met het snijstempel en scheurt als het ware in zichzelf. Resultaat: geen uitstekende braam; zie figuur 13.

Braam bij spuitgieten

Alhoewel er vele giet- en spuitgietmaterialen zijn, wil ik mij hier beperken tot het spuitgieten van kunststoffen:

Afhankelijk van de soort kunststof zijn er verschillende braamproblemen:

• Thermoplasten

Braam ontstaat doordat materiaal tussen de matrijsdelingen vloeit (afknijpvlakken). Vaak kunnen in verband met ontluchting deze naden ook niet geheel dicht zijn. Vooral dun-vloeibare kunststoffen zoals PP en PE hebben veel last van braamvorming. Bekend zijn tegenwoordig de kunststoffen tuinmeubelen, waarvan alleen al de reusachtige afmetingen van de matrijs het moeilijk maken deze produkten braamvrij te spuiten. De druk in een spuitmatrijs is ca. 1000 Bar!

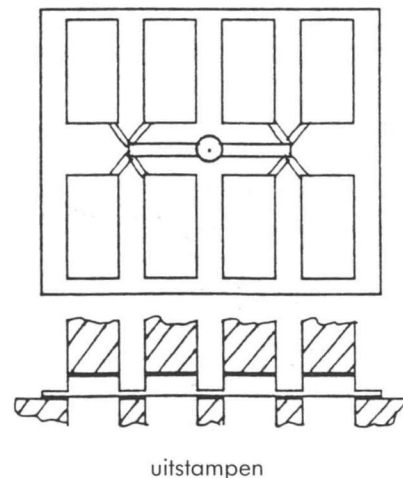
Voorkomen van braam is moeilijk, zodat meestal de oplossing wordt gezocht in het tactisch leggen van de deelnaden: zie het voorbeeld "behuizingen" in figuur 2.

• Thermoharders

Tegenwoordig worden veel thermoharders gespoten, bijvoorbeeld het freem van het CD-loopwerk, het deksel van een wasmachine, IC-verpakking. Tijdens de uithardingsreactie zijn deze materialen even waterdun, wat altijd braam geeft. Verder zijn de matrijsen verwarmd tot ca. 300 °C, hetgeen aanzienlijke maatveranderingen van het gereedschap met zich meebrengt. De kunststof kan gevuld zijn met bijvoorbeeld glas of kwarts, wat een hoge matrijslijtage met zich mee brengt. Kortom, bij het spuiten van thermoharders moet je altijd ontbraamen.

Het verwijderen van de vliedunne braam is niet altijd even gemakkelijk. Bij het omspuiten van kleine condensatoren voor de coax-antenne-ingang wordt de

braam bewust wat dikker gemaakt, zodat door middel van een eenvoudige stampbewerking de produkten van de braam gescheiden kunnen worden; zie figuur 14.



Figuur 14 Een stevige braam maakt ontbraamen door een stampbewerking mogelijk.

Ontbraamen: onderzoek aan conventionele processen

Ontbraamen gebeurt meestal op conventionele wijze: trommelen, borstelen, inlopen, etc.. Van deze processen is nauwelijks bekend hoe ze werken. Neem nu eens trommelen: in een grote bak met driekante steentjes of staalpropjes, al dan niet onder toevoeging van water, hotsen en knotsen bijvoorbeeld nauwkeurig gestampte onderdelen over elkaar.

Het ontbraameffect kan het gevolg zijn van mechanische vermoeiing van de braamen, slijpende werking van de steentjes of mogelijk chemische inwerking onder mechanische belasting. (Van glas is bijvoorbeeld bekend, dat de zuurgraad tijdens het leppen sterk de afnamesnelheid beïnvloedt).

Op het eerste gezicht lijken ontbraamprocessen processen zonder kop of staart. Toch laten ontbraamprocessen zich verbeteren door middel van de volgende pragmatische aanpak:

Definitie van braam:

Hoe triviaal het ook mag zijn, meestal ontbreekt het aan een eenduidige definitie van een grootheid voor braam. In samenspraak met de klant moet een meetbare grootheid voor braam vastgelegd worden, anders kan er ook niet geoptimaliseerd worden.

Invloedsfactoren:

Veel factoren kunnen invloed op het proces hebben. Nemen we alle mogelijke factoren mee in een proef, dan wordt de omvang van proef te groot. De kunst is het die factoren te vinden die werkelijk relevant zijn, wat kan met de techniek van dimensie-analyse. Kort beschreven gaat dit als volgt in zijn werk:

Een fysisch verschijnsel



Welke fysische grootheden hebben mogelijk invloed daarop



Deze invloedsfactoren ordenen tot dimensieloze kentallen



Metten van de gevoeligheid van het verschijnsel voor verandering van de kentallen



Resultaat: mathematisch model van het verschijnsel.

Bijvoorbeeld:

Het te onderzoeken probleem is welke minimale ruwheid haalbaar is met een bepaalde korrelgrootte bij trommelen.

<i>Invloedsfactoren:</i>	<i>symbool</i>	<i>dimensie</i>
ruwheid van de braam	Ra	(L)

korrel diameter	d	(L)
% lepkorrels in de vloeistof	v	(-)
snelheid (omw/sec x diameter)	s	(L/T)
proces tijd	t	(T)

Voor de eenvoud worden materiaalvariaties niet meegenomen.

Door de ruwheid direct te koppelen aan de korrelgrootte vinden we meteen de dimensieloze uitgangsgrootheid: $[Ra/d]$. Door de eis dat de beschrijving dimensieloze kentallen moet bevatten, ontstaat o.a. de oplossing:

$$[Ra/d] = [v]^{f1} \cdot [s.t/d]^{f2} \cdot c$$

f1 en f2 zijn te bepalen door metingen; c is een constante. Aan het tweede kental is te zien dat sneller draaien of een kortere proces tijd hetzelfde resultaat geeft.

Deze methode is bedoeld om snel tot resultaat te komen. Als een fundamentele invloedsfactor is vergeten, dan wordt geen goed verband tussen kentallen en uitgangsgrootheid gevonden. Voor verdere details van deze methode, zie collegedictaten TU Delft IO 27 en IO 99 van Prof.Ir. F. Doorschot.

Resultaten:

- Met een dergelijk eenvoudig opgesteld onderzoek is nagegaan hoe het ontbramen van scheerhoofden zo snel

mogelijk gedaan kon worden. Geheel tegen de verwachting in bleek het gebruik van slechts een lage concentratie slijpmiddel het beste resultaat te geven.

- Een soortgelijk onderzoek wees uit dat bij het leppen van glas juist de zuurgraad in belangrijke mate de snelheid van het proces beïnvloedt.

Samenvatting

Braam is een schadelijk en negatief bijproduct van mechanische bewerkingen, niet alleen in functioneel en visueel opzicht, maar ook omdat het vervuילend kan werken op verdere stappen in het fabricageproces.

Aan de hand van een overzicht van diverse mechanische bewerkingen en de voorbeelden, is getracht duidelijk te maken dat voorkomen van braam vaak mogelijk is.

Als braam in het vormgevingsproces onvermijdelijk is, dan zijn er constructiemogelijkheden om de negatieve effecten te vermijden.

Is ontbramen nodig, dan loont zich een onderzoek naar de effectiviteit van het ontbraamproces. Het blijkt dat de conventionele processen nog vele kansen bevatten. ■

Groen laserlicht, een nieuw record

En halfgeleiderlaser die groen licht uitstraalt met een golflengte van 555nm, dat is het jongste record op het gebied van kortgolvlige halfgeleider-lasers door medewerkers van het Philips Natuurkundig Laboratorium te Eindhoven.

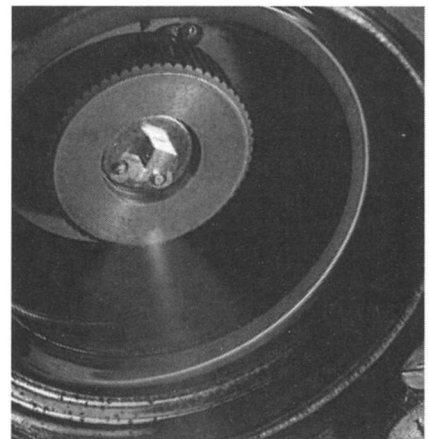
De actieve laag van de laser bestaat uit 16 nauwkeurig vlakke en even dikke laagjes, elk ca. een nanometer (d.i. een miljoenste millimeter) dik, van een verbinding van indium, gallium en fosfor, die gescheiden worden door dunne lagen waaraan bovendien nog aluminium is toegevoegd. Deze structuur is nauw verwant met die van de lichtrode laser (golflengte 633nm) waarover eerder dit jaar werd bericht; alleen zijn nu de laagjes nog veel dunner.

De vervaardiging van de nieuwe laser werd mogelijk door de steeds voortgaande verbetering en beheersing van de

techniek om uiterst dunne lagen met nauwkeurig bepaalde dikte en een goed beheerste samenstelling vanuit de gasfase neer te slaan op een geschikte ondergrond (de z.g. organo-metaal-gasfase-epitaxie ofwel OMVPE).

De groene laser levert een continu vermogen van 3 mW en heeft een differentiële efficiency van 0,4 mw/mA. Zij werkt, in tegenstelling tot de lichtrode, uitsluitend bij temperaturen die ver onder kamertemperatuur liggen. Het laserlicht vertoont de genoemde groene kleur bij koelen tot de temperatuur van vloeibare stikstof. Bij iets hogere temperaturen verschuift de kleur in de richting van het geelgroen. Het feit dat koeling noodzakelijk is, maakt dat de groene laser vooralsnog alleen toepassing zal vinden voor specialistisch wetenschappelijke doeleinden. De mogelijkheid om door wijzigen van de werk-

temperatuur de golflengte van het uitgezonden licht te beïnvloeden, maakt dat zij daarvoor ook bijzonder aantrekkelijk is.



De groene laser, gezien door het venster van de thermisch isolerende vacuümomhulling.

Dave Blank

De excimeerlaser

Het gebruik van excimeerlasers neemt steeds meer toe. Ook verschijnen er steeds meer artikelen over het gebruik van deze laser, zowel op het gebied van de medische technologie als op het gebied van fijnmechanische bewerkingen. Wat maakt deze laser zo uniek en wat zijn de toepassingsgebieden nu en in de nabije toekomst? Dit eerste artikel over de excimeerlaser hoopt daar een antwoord op te geven. In een volgend artikel zal meer worden ingegaan op de technische details van de toepassingen van excimeerlasers.

Inleiding

De laser neemt een steeds belangrijker plaats in in ons dagelijks leven, zo is de cd-speler bijna in elke huiskamer aanwezig. Daarnaast kunnen we niet meer zonder communicatie met behulp van lasers via satellietverbindingen en of glasvezelkabels. De streepjescode wordt in de supermarkt door een laser gelezen en de laser wordt gebruikt in de laserprinter en kopieermachine. In de techniek heeft de

laser zijn intrede gedaan bij materiaalbewerkingen zoals boren, lassen en (chemische) oppervlakte behandelingen. Bij het markeren van produkten, bepalen van toleranties, zeer nauwkeurige fotolithografie en precieze afstandsbepaling worden lasers gebruikt. Het meest spectaculair is het gebruik van de laser in de medische technologie, zoals het lassen van losgelaten netvlies en het behandelen van huidaandoeningen.

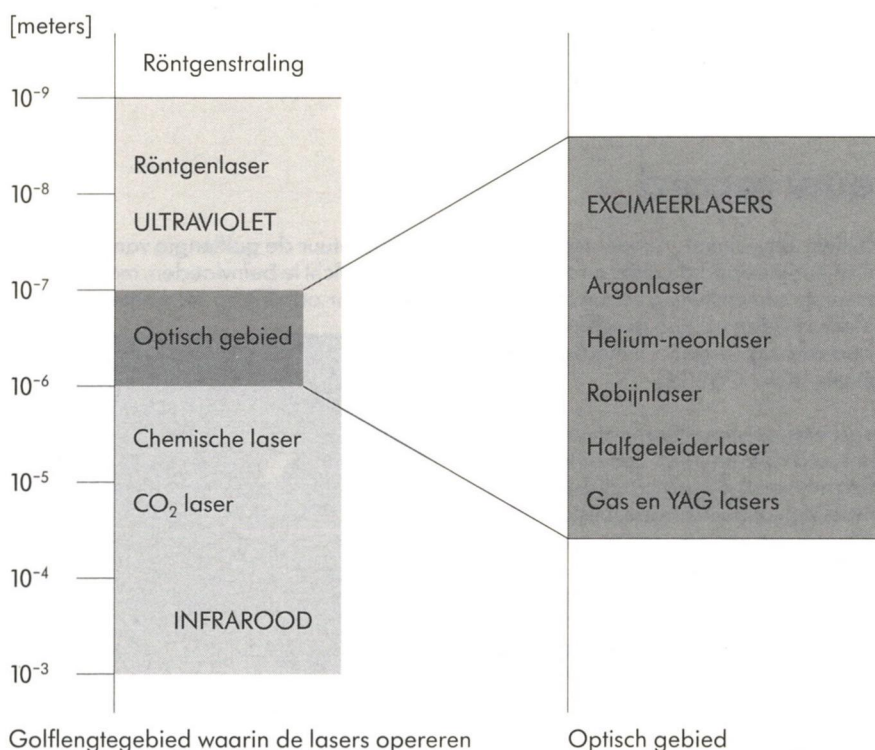
Al deze bewerkingen worden niet met dezelfde laser verricht. Elk laser-type heeft zijn eigen toepassingsgebied. Alvorens tot het principe en het werkgebied van de excimeerlaser te komen zal kort worden ingegaan op de werking van de laser in het algemeen.

Werking van lasers

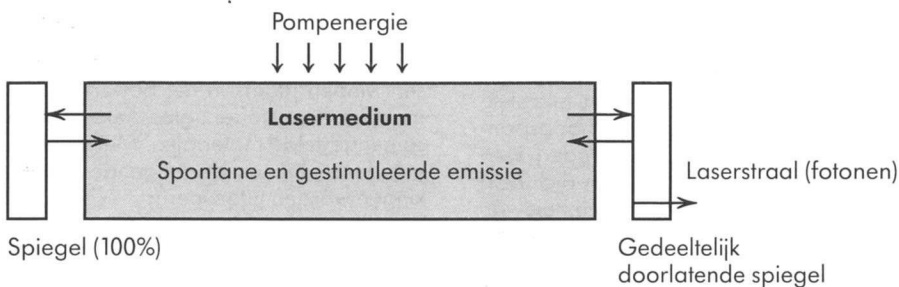
Laser is een afkorting van Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (het versterken van licht door middel van gestimuleerde emissie van straling). Licht bestaat uit golven met een bepaalde golflengte en frequentie. De frequentie

van het licht neemt toe naarmate de golflengte afneemt. Eigenlijk is licht een klein gebied van het elektromagnetisch spectrum, dat varieert van gammastraling tot elektrische stroom; zie *figuur 1*. De energie van elektromagnetische golven kan worden uitgedrukt in kleine energiepakketjes, de fotonen. De energie van het foton is evenredig met de frequentie, vandaar dat gammastraling met een kleine golflengte de hoogste energie heeft. Wanneer we aan een atoom energie toevoeren (in de vorm van fotonen), dan is een foton in staat, wanneer het de juiste (quantum)energie heeft, om een elektron in een andere baan te tillen. Het bevindt zich dan in een geëxciteerde (of aangeslagen) toestand. Vrijwel direct zal het elektron terug vallen naar zijn oorspronkelijke toestand terwijl het een foton uitzendt met dezelfde energie en golflengte als het geabsorbeerde foton. Als het elektron zich in het laagste energieniveau bevindt (de binnenste baan), dan spreken we van de grondtoestand. Het vrijkomen van straling bij het terugvallen naar lagere energieniveaus noemen we (spontane) emissie. In 1917 voorspelde Einstein het effect van de zogenaamde gestimuleerde emissie. Wanneer een elektron zich al in de geëxciteerde toestand bevindt en we bieden een foton met de juiste energie aan, dan zal het zich niet in een nog hoger energieniveau begeven maar juist terugvallen naar een lager niveau en een foton uitzenden, gelijk aan het aangeboden foton, zonder het aangeboden foton te absorberen. We hebben dus nu twee fotonen die elk op hun beurt de volgende geëxciteerde elektronen kunnen laten terugvallen, enz. Zo ontstaat een kettingreactie die stopt wanneer er geen geëxciteerde elektronen meer voorradig zijn.

Zoals reeds eerder gememoreerd bevindt een elektron zich slechts zeer kort in zijn geëxciteerde toestand. Wil het foton een geëxciteerd elektron terug laten vallen en niet, wat meer voor de hand ligt, een elektron van een lager energieniveau exciteren, dan moeten de geëxciteerde elektronen in de meerderheid zijn. Dit verkrijgt men door te "pompen"; het in een aangeslagen toestand brengen van atomen en moleculen door licht (lasers, flitslicht), bundels elektronen, chemische reacties etc. Het gas of kristal waar de geëxciteerde deeltjes zich in bevinden wordt het lasermedium genoemd.



Figuur 1. Overzicht van het elektromagnetisch spectrum. Aangegeven is de golflengte waarbij de diverse lasertypen werken.



Figuur 2 Principe van een laser: resonator en spiegels.

Een lasermedium wordt gepompt door energie die van buitenaf wordt toegevoerd en bevindt zich tussen twee spiegels, waarvan er een gedeeltelijk doorlatend is; zie *figuur 2*. De spontane emissie die nu optreedt levert fotonen die in verschillende richtingen uittreden. Slechts die in het vlak loodrecht op de spiegels liggen zijn van belang. Zij zorgen voor bruikbare gestimuleerde emissie; het licht met gelijke golflengte en energie (immers de toestanden van de elektronen liggen vast en daarmee de fotonenergie) zal reflecteren tussen de spiegels en opnieuw voor emissie van fotonen zorgen. Een gedeelte zal de (half) doorlatende spiegel verlaten: de uiteindelijke laserbundel. Deze bundel bevat in het algemeen slechts één golflengte, opgelegd door de fotonen.

Resumerend heeft de laserbundel de volgende karakteristieke eigenschappen:

1. Het licht heeft één golflengte (monochromatisch).
2. Het licht is coherent (de lichtgolven hebben dezelfde golflengte, richting en fase).
3. De bundeldivergentie is zeer klein (lichtstralen lopen over grote afstanden nauwelijks uit elkaar).
4. De laserbundel heeft een hoge intensiteit (een groot vermogen per oppervlak en ruimtehoek).

Verschiede typen lasers

Lasers zijn er in verschillende grootte en sterkte. Ze kunnen gepulste of continue lichtbundels uitzenden en de golflengte kan variëren van microgolven - infrarood licht - zichtbaar licht - ultraviolet licht tot aan röntgenstraling. De eigenschappen van de laser hangen sterk af van het lasermedium en in welke vorm er gepompt wordt.

De eerste laser was gemaakt van een robnkristal, waarbij een flitslamp zorgde voor de geëxciteerde (chroom)atomen. In dezelfde familie valt de Nd-YAG laser. Het kristal is in dit geval Yttrium Alumi-

niem Granaat, waaraan neodymium (Nd) is toegevoegd. De neodymiumatomen zenden een laserstraal uit met 1,06 μm golflengte. Deze lasers kunnen een hoge intensiteit hebben. Door de goede warmtegeleiding van het kristal kan deze laser zowel continu als gepulst gebruikt worden. Dit lasertype wordt vooral toegepast voor het bewerken van materialen, zoals boren, (punt)lassen en snijden.

Veel gebruikt worden de gaslasers, waarvan de helium-neon laser de bekendste is. Deze laser wordt gepompt door een elektrische spanning tussen twee elektrodes aan te brengen; bij voldoende hoge spanningsverschil tussen de twee elektroden ontstaat een elektrische ontlading, die zorgt voor de excitatie van de heliumatomen. Een ander type gaslaser is de CO_2 -laser. In tegenstelling tot de edelgaslaser kan de CO_2 -laser zeer hoge vermogens leveren. Deze laser heeft een golflengte van 10,6 μm . Het is de industriële laser bij uitstek en zijn toepassingen liggen in dezelfde lijn als de Nd-YAG laser.

Een duidelijk ander type laser is de chemische. Deze put zijn energie uit chemische reacties. Bij de waterstof-fluoride laser bijvoorbeeld zorgt de reactie van waterstof met fluor voor de benodigde energie. Een zeer krachtige laser is het gevolg, zonder dat men veel elektrische energie hoeft toe te voegen.

De meest spectaculaire opmars heeft de halfgeleider laser gemaakt. Deze laser bevindt zich bijvoorbeeld in de compact disk. De werking berust op de eigenschappen van de halfgeleider. Een elektrische stroom zal in de gedoopte halfgeleider positieve en negatieve ladingdragers exciteren. Bij de recombinatie van de ladingdragers komen fotonen vrij. Wanneer de spontane emissie overheerst hebben we eigenlijk te maken met de LED (light emitting diode) die we kennen van veel elektronische apparaten. Wanneer we in staat zijn de gestimuleerde emissie

te laten overheersen en gebruik maken van (reflecterende) spiegels dan hebben we de halfgeleiderlaser. Het spreekt voor zich dat dit type laser met behulp van halfgeleider technologie gemaakt kan worden en daarmee zeer klein kan zijn.

De kleine afmetingen van de resonator gaat ten koste van de kwaliteit van de bundel, zodat de optiek een belangrijke rol speelt. In de compact disk is de optiek gemaakt van kunststof. De levensduur van de halfgeleider laser is zeer lang, terwijl de kosten gering zijn. De laser heeft wel een gering vermogen.

De nieuwste ontwikkeling op het gebied van lasers is de vrije elektron laser. Het medium dat het licht uitstraalt bestaat slechts uit elektronen (en niet uit atomen) zodat de bundel gestuurd kan worden door magneetvelden. Deze vrije-elektron laser kan een breed golflengtegebied beslaan (men kan de laserbundelfrequentie instellen), terwijl de laser zeer krachtig is. Op het ogenblik bestaat deze laser uitsluitend op laboratoriumschaal en veel onderzoek wordt verricht (ook in Nederland) om hem geschikt te maken voor industrieel gebruik.

Het lasertype waar uitvoeriger op zal worden ingegaan beslaat het gebied van de gas- en de chemische laser: de excimeerlaser.

De excimeerlaser

Onder de excimeerlaser verstaan we een groep van hogedruk-gaslasers, die werken in het ultraviolet spectrum. De lasers hebben gemeen dat het lasermedium uit excimeren bestaat. Een excimeer ontstaat uit een chemische reactie van een edelgas met een halogeen (fluor, chloor, broom, jodium). De excimeer kan vrijwel uitsluitend voorkomen in de geëxciteerde toestand. Wanneer een excimeer door spontane of gestimuleerde emissie onder het uitzenden van een foton terugvalt naar een lager energieniveau, ontbindt het molecuul zich in de oorspronkelijke atomen. De vrijkomende fotonen worden niet geabsorbeerd, immers de excimeer "bestaat" niet in zijn grondtoestand! De chemische reactie die de excimeer creëert onttrekt zijn energie aan de elektrische ontlading zoals ook bij de elektrisch aangedreven gaslasers het geval is.

De werking van de excimeerlaser is ontdekt door F.G. Houtermans in 1960. Het was de eerste laser die werkte in het ultraviolet.

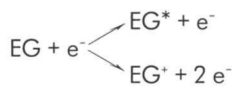
De excimeerlaser

De commerciële excimeerlasers

Bij de commerciële excimeerlasers bestaat het edelgas uit argon (Ar), krypton (Kr) of xenon (Xe). Als halogenen worden fluor (F), chloor (Cl) of broom (Br) gebruikt. De geëxciteerde toestand van de heteronucleaire moleculen ArF^* , KrF^* , XeF^* , $XeCl^*$ etc. (de * geeft de aangeslagen toestand weer) wordt eigenlijk een exciplex, terwijl het homonucleaire molecuul AR_2^* of Kr_2^* de excimeer genoemd wordt. In de praktijk wordt echter bij de toepassing als lasermedium uitsluitend de term excimeer gebruikt.

De commerciële excimeerlasers maken gebruik van elektronisch geëxciteerde moleculen als lasermedium. De excimeren worden gevormd via chemische reacties in een gepulste hoogspanningsontlading. De volgende processen vinden plaats:

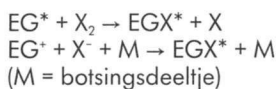
- A. Door de hoogspanningsontlading vindt via botsingen met elektronen een excitatie en/of ionisatie van het edelgas (EG) plaats:



- B. Daarnaast ontbindt het halogeen (X_2) molecuul:



- C. Vervolgens vinden de volgende chemische reacties plaats:



- D. Gevolgd door de laserovergang (gestimuleerde emissie):



waarbij de uitgangsprодукten verkregen worden, zodat opnieuw gestart kan worden.

Het geëxciteerde excimeer heeft een levensduur van enkele nanoseconden. Om een hoge intensiteit te krijgen werkt men met hoge drukken (daardoor ontstaan er sneller opeenvolgende chemische reacties zoals vermeldt onder C) en hoogvermogen ontledingen, die zorgen voor een grotere concentratie van de geëxciteerde geïoniseerde edelgassen.

Het gasmedium van de excimeerlaser bestaat uit 5-10% actief edelgas, 0,1-0,5%

halogeen en een (licht) buffergas zoals helium of neon. De totale druk 2-4 bar.

De resonator met gasvulling wordt geplaatst tussen twee lange parallelle elektroden, die zorgen voor de hoogspanningsontledingen. Voor een goed werkende laser is een elektronen dichtheid van 10^{15} cm^{-3} en een stroomdichtheid van 10^3 A/cm^2 nodig. De ontledingen moeten daarom een doorslagveld hebben van 10-15 kV/cm. Dit legt zijn beperkingen aan de afmetingen van de resonator. Commerciële excimeerlasers hebben een elektrodeafstand van 2-3 cm.

De reacties die door de ontledingen worden opgewekt hebben maar een beperkte levensduur van 10-40 ns, afhankelijk van het model en lasermedium. De herhaalfrequentie kan variëren van 1 Hz tot 1 kHz, waarbij in het laatste geval het geleverde vermogen wel minder wordt. Het vermogen dat excimeerlasers kunnen leveren kan oplopen tot 500 Watt - in 10 ns is dit 5×10^{11} Joule!

De levensduur van het gasmengsel is ook beperkt. Tussen de verschillende elementen vinden chemische reacties plaats, die het laserproces en daarmee de prestaties ongunstig beïnvloeden. Met één gasvulling kunnen tegenwoordig 10 miljoen pulsen geleverd worden, zonder merkbaar energieverlies.

De golflengte van de laserbundel is afhankelijk van de edelgas-halogeen combinatie. De meest gebruikte combinaties met hun specifieke golflengte zijn:

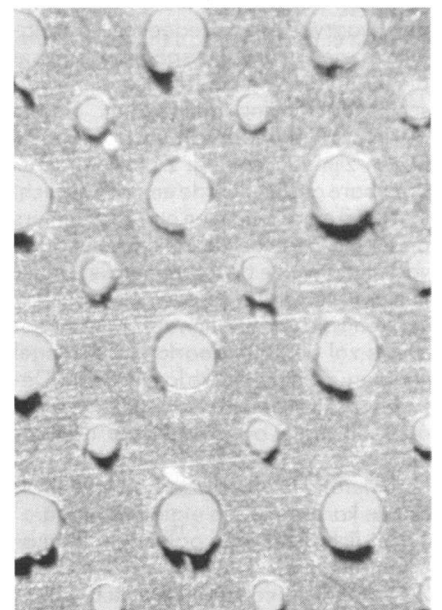
	argon	krypton	xenon
fluor	193	248	351 nm
chloor	175	222	308 nm
broom	161	206	282 nm

Toepassingen van excimeerlasers

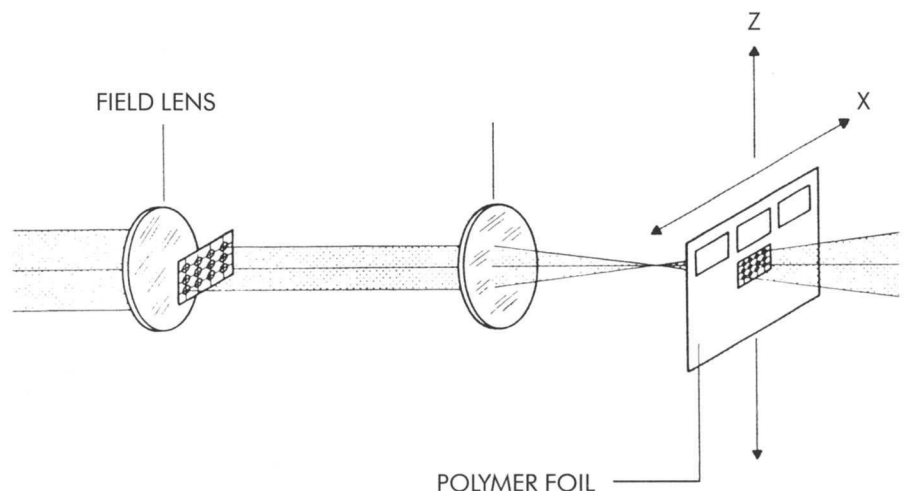
De meeste toepassingen van excimeerlasers vinden plaats in het bewerken van metalen, kunststoffen, glas, keramiek en samengestelde materialen. Met de excimeerlaser kunnen de volgende bewerkingen worden uitgevoerd:

- chemische oppervlakte behandeling,
- verhitten,
- smelten en veredelen,
- verdampen.

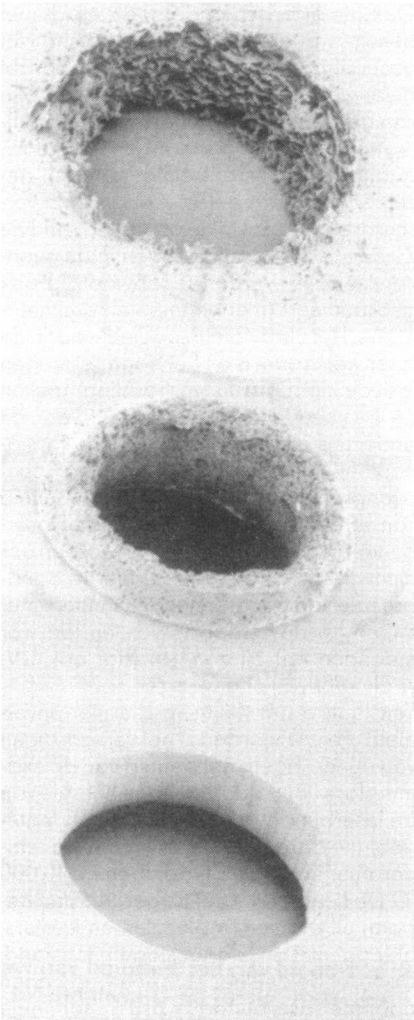
De bewerkingen vinden in de meeste gevallen plaats door met de laserbundel



Figuur 4. Excimeerperforatie in 0,1 mm dik roestvaststaal. De gatdiameters zijn resp. 150 en 50 μm . (Foto Lambda Physik).



Figuur 3. Afbeeldingstechniek voor het boren van gaatjes of het markeren en graven van materialen.



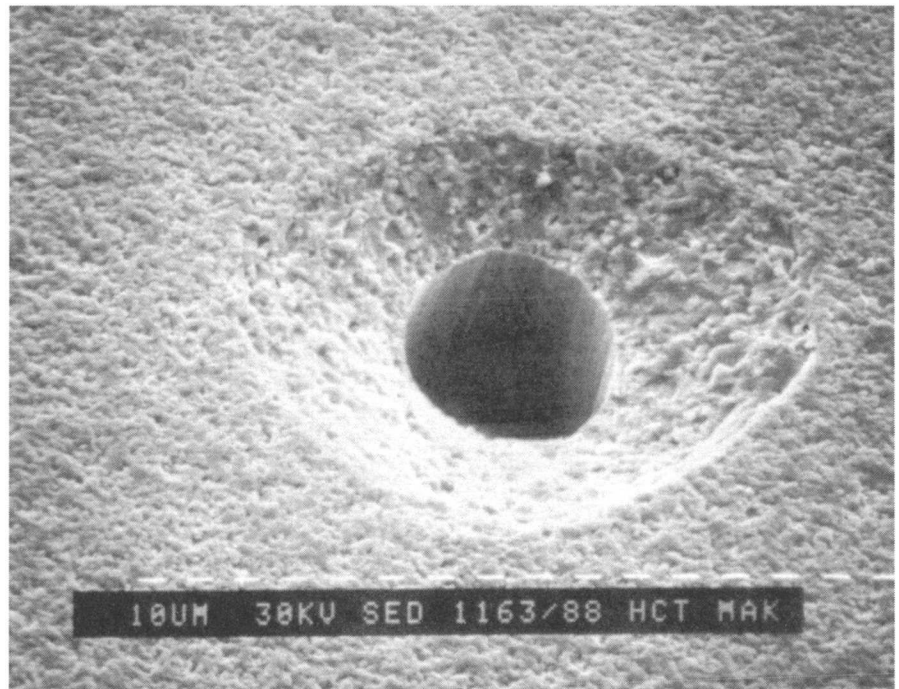
Figuur 5. Verschil in oppervlakteruwheid bij het boren van gaten in kunststoffolie. Nr. 1 met een Nd:YAG-laser; nr. 2 met een CO₂ gepulste laser en nr. 3 met een excimeerlaser.

een masker met behulp van een lenzenstelsel af te beelden op het te bewerken oppervlak - zie *figuur 3* - of een masker direct op het oppervlak te plaatsen.

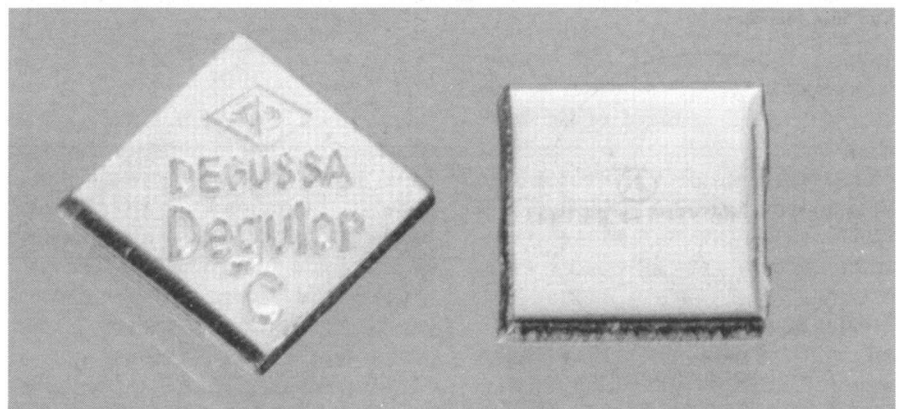
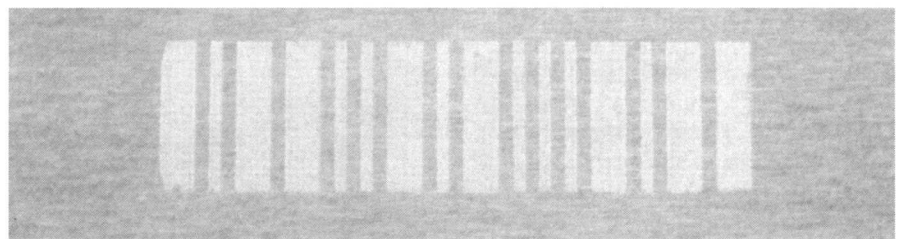
Voor het bewerken van metalen maakt men gebruik van het feit dat de absorptiecoëfficiënt van een materiaal in het ultraviolette spectrum veel groter is dan in de infrarode (het gebied van andere lasertypen). Deze eigenschap geldt vooral voor zilver, goud en koper. De laserbundel wordt vrijwel geheel geabsorbeerd in een oppervlaktelaag van 50 nm, terwijl door de korte duur van de puls het materiaal slechts tot een dikte van 1 µm wordt verhit. Men is in staat om zeer precies laag voor laag te bewerken. Dit kan inhouden: verwarmen, smelten maar ook verdampen. Op deze wijze kan bijvoorbeeld met de laser geboord worden. Voor een gat van 100 µm in 1 mm staalplaat zijn 500

pulsen van 200 mJ elk nodig. *Figuur 4* laat een perforatie van roestvaststalen-olie van 0,1 mm zien met gaten van 150 en 50 µm. Ook kunststoffen laten zich op deze wijze bewerken. Een goed voorbeeld is Kaptonfolie. Deze folie, bekend door zijn gebruik in sterkstroomtoepassingen wegens zijn goede isolerende en thermische eigenschappen, laat zich uitstekend be-

werken met de excimeerlaser. Door gebruik te maken van een masker en een lenzenstelsel kunnen duizenden gaten tegelijkertijd worden geschoten. *Figuur 5* geeft het verschil aan in oppervlakteruwheid tussen de verschillende typen lasers die voor dit soort doeleinden gebruikt worden. Met een dergelijke techniek worden op dit moment scheerbladen (van



Figuur 6. Geboord gat in AlO₂ van 90 µm met een KrF laser. (Foto Lambda Physik).

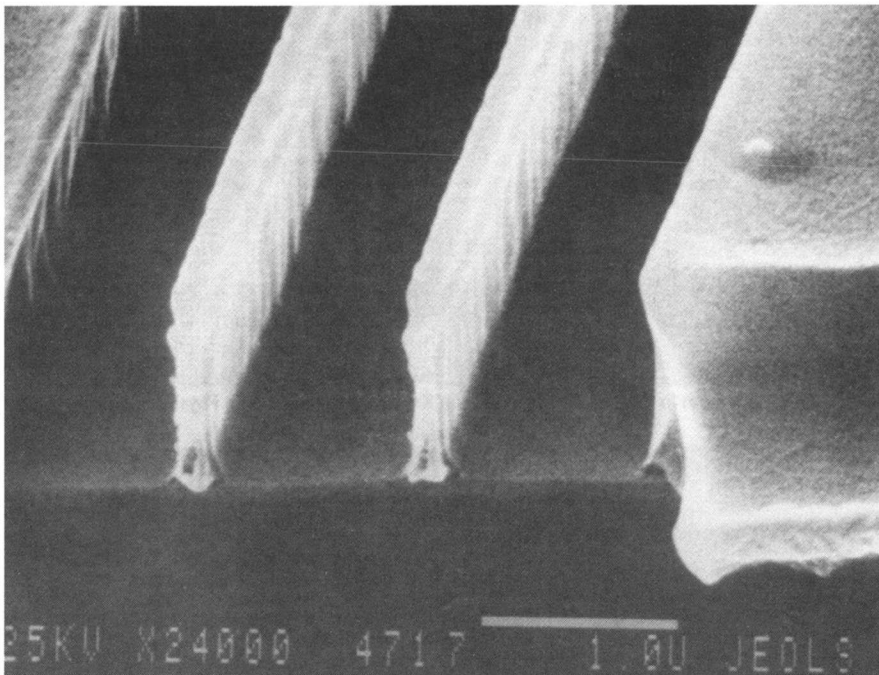


Figuur 7. Markeren en graveren van materialen met behulp van de Lambda Mark.

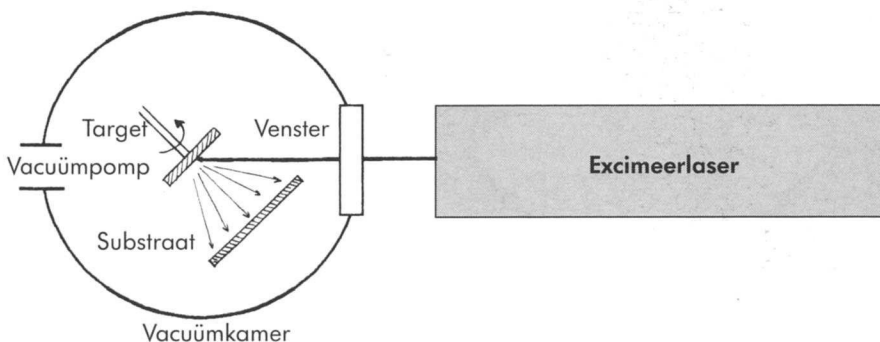
De excimeerlaser

kunststof) vervaardigd. Het boren in keramische materialen levert ook zeer goede resultaten op. In *figuur 6* is een gat van $90 \mu\text{m}$ in aluminiumoxyde afgebeeld. Let vooral op de zeer gladde wand. Met behulp van de excimeerlaser is het mogelijk om diamanten van zeer kleine gaatjes te voorzien. Een nieuw toepassingsgebied dat met de komst van de commerciële excimeerlaser is geïntroduceerd is het markeren van materialen. Door de geringe dieptewerking van de laserbundel is het mogelijk materialen te bewerken zonder dat (thermische) spanningen ontstaan. Speciaal voor glas en keramiek is deze eigenschap belangrijk. Bij kunststoffen speelt nog een ander effect een grote rol, namelijk fotochemische oppervlakteveranderingen. Zonder thermische nevenbewerking ver-

andert de kleur van de kunststoffen wanneer ze bewerkt worden met de laserbundel. Lambda Physik heeft speciaal voor markeringsdoeleinden een excimeerlaser op de markt gebracht. In *figuur 7* staan enkele voorbeelden weergegeven. Een geheel nieuw gebied is de microlithografie. Met behulp van een excimeerlaser is het mogelijk om optische microlithografie te bedrijven met een resolutie van $0,3 \mu\text{m}$; zie *figuur 8*. Dit stelt wel extra eisen aan de kwaliteit van de optiek en de laserbundel. De bandbreedte van de laserbundel moet zo klein mogelijk zijn om afbeeldingsfouten te minimaliseren. Daarnaast worden hoge eisen gesteld aan de stabiliteit van de laser, zodat reproduceerbaar gewerkt kan worden; immers in de lithografie is de belichtingstijd van groot belang.



Figuur 8. Een elektronenmikroscoop opname van een patroon die door middel van fotolithografie is verkregen met behulp van een Lambda Physik excimeerlaser. De resolutie is in dit geval $0,2 \mu\text{m}$. (Foto Carl Süß, München).



Figuur 9. Opstelling voor het vervaardigen van dunne films van de hogetemperatuur supergeleiders met behulp van laserablatie.

Ook atmosferisch onderzoek wordt met behulp van excimeerlasers verricht. Het ozongehalte in de atmosfeer is van groot belang. Ozon zorgt voor de absorptie van de UV straling van de zon. Door klimatologische veranderingen en verregaande milieuverontreiniging wordt deze ozonlaag aangetast. Een bekend verschijnsel is het gat in de ozonlaag rond de Zuidpool. De veranderingen in de ozonconcentratie worden tegenwoordig ook geobserveerd met behulp van excimeerlasers. Het ultraviolette gebied waarin de laser werkzaam is en het hoge vermogen (goede signaal/ruis verhouding) maken de excimeerlaser zeer geschikt voor dit onderzoek. Het is mogelijk om via signaalbewerkingstechnieken een verticaal ozonprofiel te maken door met behulp van een telescoop de reflecterende laserbundel te bestuderen. Hierbij worden opnieuw hoge eisen gesteld aan de bandbreedte van de laserbundel, immers metingen op de zuidpool worden (op vier maanden na) bij zonlicht (dat ook UV-straling bevat) uitgevoerd.

Een laatste ontwikkeling die niet onvermeld dient te worden is het vervaardigen van dunne lagen met behulp van de excimeerlaser. Bij voldoende hoge energie van de laserbundel is men in staat om materiaal (het target) te verdampen. De temperatuur kan daarbij oplopen tot 10.000°C . De deeltjes die het target verlaten bestaan uit atomen, moleculen en clusters, al dan niet in aangeslagen toestand. Doordat de deeltjes zich een weg banen door de laserbundel worden sommige nog extra geëxciteerd. Wanneer we dit proces in vacuüm laten afspelen zijn de deeltjes in staat om tientallen centimeters af te leggen. De aangeslagen deeltjes zullen terugvallen onder het uitzenden van fotonen en er ontstaat een pluim (of plasma). Door een dragermateriaal (substraat) in het plasma te plaatsen, groeit er een laag: de dunne film. *Figuur 9* toont een opstelling die gebruikt wordt om de nieuwe hogetemperatuur supergeleider te maken. Met deze techniek (ook wel laserablatie genoemd) zijn zeer goede resultaten bereikt. Het is een snelle en doeltreffende manier voor het vervaardigen van dunne lagen. Aangezien deze techniek eigenlijk nog maar in de kinderschoenen staat mogen we er veel van verwachten.

Concluderend mag worden gesteld dat het toepassingsgebied van de excimeerlaser steeds verder groeit. De excimeerlaser is niet meer weg te denken uit de hedendaagse technologie.

Plasmaspuiten van vrijstaande voorwerpen

Ing. G.A. te Raa, Nederlandse Philips Bedrijven BV.

Plasmaspuiten is een oppervlaktebedekkingstechniek die gewoonlijk wordt gebruikt voor het aanbrengen van goedhechtende lagen.

Het is evenwel mogelijk om zodanig op een mal of een doorn te spuiten dat de gespoten laag naderhand als een vrijstaande schaal of schil kan worden verwijderd. Deze werkwijze maakt het mogelijk om op een eenvoudige manier vrijstaande voorwerpen te maken van hoogsmeltende keramische materialen.

Een aantal voor- en nadelen van deze methode zullen nader worden besproken.

Inleiding

Eén van de belangrijkste hindernissen, die een grootschalige toepassing van technische keramieken momenteel in de weg staat, is ongetwijfeld de moeilijke en kostbare bewerking van deze materialen. Met de conventionele fabricageprocessen, die momenteel voor technische keramiek beschikbaar zijn, zijn dunwandige produkten met hoge vorm- en maatnauwkeurigheid nauwelijks maakbaar. Thermisch spuiten biedt een mogelijkheid om dit soort produkten op een relatief eenvoudige manier te maken. Omdat voor keramische materialen meestal de plasmaspuittechniek wordt gebruikt, zal in het vervolg steeds over plasmaspuiten worden gesproken.

Plasmaspuiten van keramische materialen

Keramische materialen die tegenwoordig veel worden verspoten zijn:

- Carbides.

Deze worden toegepast om hun grote weerstand tegen slijtage. De meest gebruikte zijn: W-carbides en Cr-carbides. Deze materialen worden bijna altijd in combinatie met een metallische binder gebruikt, Co voor W- en NiCr voor Cr-carbide.

- Oxydes.

- Al-oxyde.

Wordt gebruikt als slijvast materiaal. Ter verbetering van de eigenschappen worden vaak enkele procenten Ti-dioxyde toegevoegd. In zuivere

toestand heeft het goede elektrische isolatie-eigenschappen bij hoge temperatuur.

- Zr-oxyde.

Dit oxyde wordt uitsluitend in gestabiliseerde vorm toegepast, meestal als een warmte-isolerende laag - in de angelsaksische literatuur "thermal barrier coating" genoemd. Als stabilisatoren worden Ca-oxyde, Mg-oxyde en Yt-oxyde gebruikt.

- Cr-oxyde.

Dit materiaal is niet alleen slijvast, maar het heeft zeer goede loop-eigenschappen, ook tegen zichzelf.

De laagdiktes van plasmagespoten keramische lagen liggen in de praktijk meestal tussen 0,10 en 0,25 mm. Onder bepaalde omstandigheden is het echter ook mogelijk om lagen met een dikte van 1 à 2 mm te spuiten.

Evenals bij alle andere oppervlaktebedekkingsprocessen is het de normale procedure om goedhechtende lagen op een substraat aan te brengen.

Plasmaspuiten van vrijstaande, keramische voorwerpen

Het is echter mogelijk om zodanig op een mal of doorn te spuiten dat slechts weinig hechting ontstaat en de opgebrachte laag naderhand als een schil van de doorn kan worden verwijderd. Deze werkwijze biedt een simpele methode om dunwandige, keramische produkten met een hoge vorm- en maatnauwkeurigheid te maken. In principe kan het gevormde produkt in de gespoten toestand worden gebruikt. De dichtheid ligt, afhankelijk van de omstandigheden, tussen ca. 85 en 97%. Door een nasinterbehandeling kunnen de eigenschappen van het produkt nog verder verbeterd worden. Vooral de sterkte neemt flink toe. Door de hoge uitgangsdichtheid is de krimp (ca. 1% of minder) tijdens de nasinteren laag in vergelijking met de normale krimp, die tijdens het sinteren van geëxtudeerde keramische produkten ontstaat. De werkwijze voor het spuiten van een schil is als volgt:

- Voorverwarmen van de mal of doorn tot ca. 200 - 300 graden Celsius.

- Het aanbrengen van een zoutlaag op de doorn door deze met behulp van een verfspuitpistool te bedekken met een verzadigde keukenzoutoplossing. Doordat de doorn heet is, verdamp

het water en blijft een zoutfilm achter.

- Het opspuiten van de keramische laag op de reeds aanwezige zoutlaag.

- Wanneer de laag de gewenste dikte heeft bereikt, het geheel af laten koelen en onderdommelen in water.

- Omdat de laag nog een zekere restporositeit heeft, zal de zoutfilm na verloop van tijd geheel of gedeeltelijk oplossen en kan de gespoten keramische schil van de doorn worden verwijderd. De doorn kan opnieuw worden gebruikt.

De doorn wordt gewoonlijk gemaakt van messing, aluminium of staal. Vaak wordt messing gebruikt, dat een hoge uitzettingscoëfficiënt heeft. Wanneer bij een relatief hoge substraattemperatuur wordt gespoten, zal de messing doorn, naar verhouding, bij de latere afkoeling sterk krimpen. Dit vergemakkelijkt het lossen van de schil.

Van bijzonder groot belang is de temperatuurbeheersing tijdens het spuiten. Koeling tijdens het spuiten is soms noodzakelijk, maar altijd zeer kritisch. Zowel teveel als te weinig koeling geven beide aanleiding tot het ontstaan van scheuren in of breuk van de opgespoten keramische laag. Het probleem is ervoor te zorgen dat het gehele werkstuk een gelijkmatige temperatuur heeft en houdt tijdens het spuiten. Lokale oververhittingen zijn altijd desastreus.

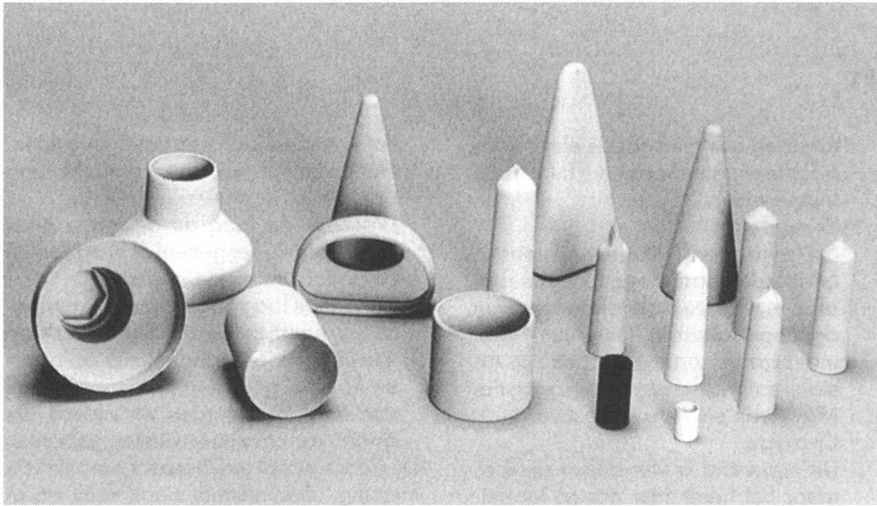
De eis van een gelijkmatige temperatuurverdeling tijdens het spuiten, is de belangrijkste reden waarom rotatiesymmetrische vormen een sterke voorkeur hebben bij het spuiten van vrijstaande voorwerpen. Andere vormen zijn theoretisch wel mogelijk, maar geven in de praktijk zeer veel problemen. Vooral bij de wat dikkere lagen (meer dan 0,2 mm) is het een hele kunst om de zaak heel te houden.

Voorbeelden van gespoten keramische produkten

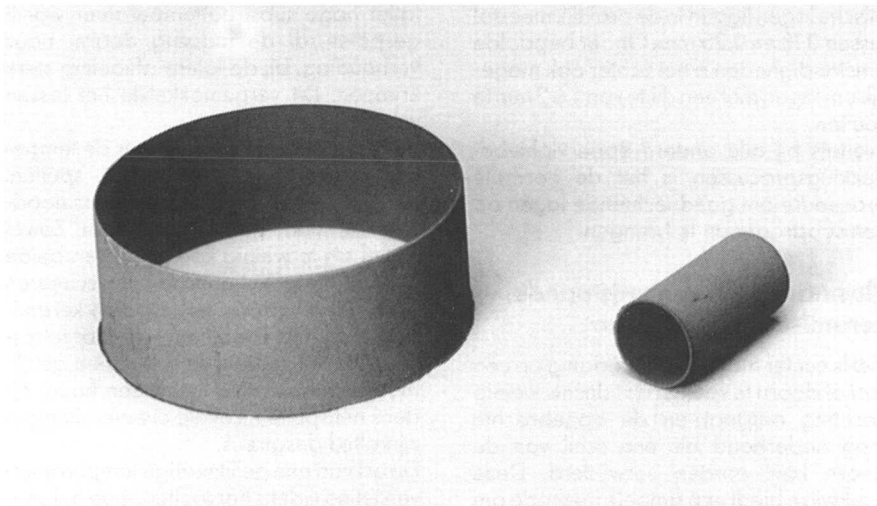
Figuur 1 geeft de indruk wat voor produkten zoal door spuiten kunnen worden gemaakt.

Een plasmagespoten laag van Al-oxyde heeft vaak een blauwe kleur. In dat geval is een Al-oxyde spuitpoeder gebruikt, waaraan enkele procenten Ti-dioxyde zijn toegevoegd. Tijdens het spuiten verliest het Ti-dioxyde iets zuurstof, zodat het niet meer stoichiometrisch is. Hierdoor ontstaat de blauwe kleur. Indien naderhand, bij een gloeibehandeling in lucht of

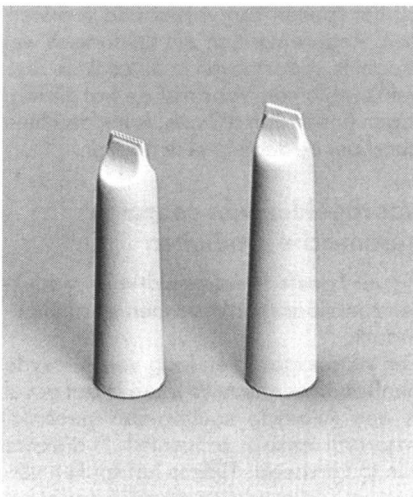
Plasmaspuiten



Figuur 1 Voorbeelden van plasmagespoten producten.



Figuur 2 Plasmagespoten ringen van Cr-oxide.



Figuur 3 Plasmagespoten spuitmonden voor meltspinnen. Bij de linker spuitmond is de spleet, waardoor het vloeibare metaal naar buiten wordt geblazen, opengeslepen.

zuurstof, het zuurstoftekort weer wordt aangevuld, verdwijnt de blauwe kleur en komt de oorspronkelijke grijs/witte kleur weer terug.

Figuur 2 toont enkele ringen van Cr-oxide. Deze ringen hebben een dikte van ca. 0,3-0,4 mm en zijn onderdelen voor een nieuw type koudgaskoelmachine. Zij moeten slijtvast zijn bij zeer lage temperaturen.

Figuur 3 laat enkele spuitmonden zien, die gebruikt worden bij meltspinnen. Meltspinnen is een techniek om vanuit de vloeibare fase amorf metaal te maken in de vorm van een lint. De spuitmond is gemaakt van magnesiumzirkonaat, dat bestaat uit 76% Zr-oxide en 24% Mg-oxide. De spuitmond heeft een spleet van 0,4 mm waardoor het vloeibare metaal, met behulp van argondruk, naar buiten wordt gedruwd. De spleet wordt gemaakt door, na het spuiten en nasinteren, de bovenkant van de uitstulping weg te slijpen. Van deze spuitmonden bestaan diverse uitvoeringsvormen, die alle met behulp van de plasmaspuittechniek worden gemaakt.

ren, de bovenkant van de uitstulping weg te slijpen. Van deze spuitmonden bestaan diverse uitvoeringsvormen, die alle met behulp van de plasmaspuittechniek worden gemaakt.

Voordelen van het proces

De voordelen van het proces zijn:

- Het is een gemakkelijke en snelle methode om van moeilijk te bewerken materialen dunwandige, vrijstaande voorwerpen te maken.
- Er zijn zeer veel commercieel verkrijgbare spuitmaterialen. Daarnaast is theoretisch ieder materiaal te verspuiten dat van vast naar vloeibaar kan overgaan, zonder dat het in componenten uiteenvalt.
- Er zijn nauwelijks beperkingen wat afmetingen betreft.
- Een belangrijk voordeel is verder dat de produkten vaak reeds in de gespoten toestand bruikbaar zijn. In dat geval is de maatnauwkeurigheid zeer goed.
- Ook na een sinterbehandeling is de maatnauwkeurigheid in vergelijking met andere vormprocessen, zoals extrusie, persen, slicasting e.d., bijzonder goed. Dit komt omdat de gespoten produkten, vanwege hun hoge dichtheid, slechts weinig krimpen, meestal ca. 1% of minder.

Beperkingen van het proces

Beperkingen van het proces zijn:

- Het proces is minder geschikt voor massafabricage om de volgende redenen:
 - De uurprijs voor plasmaspuiten is hoog (energie, water en gasverbruik) en de materiaalhoeveelheid, die per uur verspoten kan worden, is slechts enkele kilo's - voor oxydes ongeveer 2 tot 3 kg.
 - Het verbruik van spuitpoeder is hoog, aangezien het totale spuitrendement meestal niet meer dan 25 tot 30% bedraagt. Dit betekent dat per 100 gram produkt 300 tot 400 gram spuitpoeder nodig is. In het algemeen is het niet mogelijk om het verspilde materiaal opnieuw te gebruiken, omdat het poeder meestal verontreinigd is; bovendien is de korrelverdeling veranderd.
- In de gespoten toestand heeft het produkt slechts een matige sterkte.
- Plasmagespoten keramische produkten hebben een porositeit van 1 tot 15%. Dit hangt af van de spuitparameters en van het gebruikte spuitpoeder.
- Tijdens het spuiten kan er een verandering optreden in de chemische samenstelling van het verspoten materiaal. Dit kan een gevolg zijn van uitdampen of uiteen-

vallen van bepaalde componenten. Oxydes verliezen vaak iets zuurstof tijdens het spuiten. Dit is te herstellen door een nasinterbehandeling in lucht of zuurstof, maar bij componenten die uitdampen ligt het moeilijker. Hier is alleen iets te doen door de samenstelling vooraf aan te passen, maar dan nog blijft het een moeilijke zaak, omdat de mate van uitdampen afhankelijk is van een aantal factoren die niet steeds constant gehouden kunnen worden.

Een voorbeeld hiervan is het spuiten van ferrieten. Dit is een zachtmagnetisch, keramisch materiaal, dat uit diverse componenten bestaat. Eén van de componenten is Zn-oxyde, dat zeer gemakkelijk uitdampst.

Oriënterende proeven met het plasmaspuiten van deze ferrieten toonden aan:

- Er trad inderdaad een aanzienlijk verlies van Zn-oxyde op tijdens het spuiten.
- De magnetische eigenschappen waren in de gespoten toestand zeer slecht. Tengevolge van de snelle afkoeling van de spuitdeeltjes was een niet volledig gekristalliseerde structuur ontstaan. Door een gloeibehandeling naderhand werd wel een volledig gekristalli-

seerde structuur gevormd en trad ook een verbetering op van de magnetische eigenschappen. Deze bereikten echter niet de voor dit materiaal gebruikelijke waarden.

- Het verlies aan Zn-oxyde was niet simpel te corrigeren door extra Zn-oxyde aan het bestaande spuitpoeder toe te voegen, omdat tijdens het spuiten geen legeringsvormig plaatsvond van het bijgemengde Zn-oxyde met de rest van het spuitpoeder. Correctie bleek alleen mogelijk door reeds bij het begin het fabricageproces van het spuitpoeder rekening te houden met een overmaat aan Zn-oxyde.

Conclusies

- Plasmaspuiten kan een aantrekkelijke methode zijn voor het vervaardigen van vrijstaande keramische voorwerpen. Door het hoge materiaalverbruik en door de relatief geringe materiaalhoeveelheden, die per uur verspoten kunnen worden, leent deze methode zich niet voor echte massafabricage, waar het materiaalverbruik één van de grootste kostenfactoren is.

- Producten, die dunwandig zijn en een hoge maatnauwkeurigheid moeten hebben, lenen zich bij uitstek voor deze techniek.

- Omdat deze techniek nog hoofdzakelijk op laboratoriumschaal wordt bedreven, hangt het succes sterk af van de ervaring en het vakmanschap van de plasmaspuiters. Voor grotere series is duidelijk een stuk specifieke ontwikkeling nodig om te komen tot optimale spuit- en sinterprocedures.

Literatuur

Dr. K. Kirner, "Plasmaspraying of free standing ceramic bodies", Int. Thermo Spraying Conf., Den Haag, May 1980.

De auteur is werkzaam op het Centrum voor Materiaal Technologie en Innovatie van de Plastics en Metaalwaren Fabrieken. Sedert de invoering van het thermisch spuiten in het begin van de jaren zeventig heeft hij vele jaren gewerkt aan het zoeken en ontwikkelen van applicaties voor deze technologie binnen het Philipsconcern. Momenteel is hij leider van de Speciaal Fabricage Thermisch Spuiten binnen het CMTI.

Actueel

Mogema behaalt kwaliteitscertificaten ISO-9002 en AQAP 4

Via Lloyd's Register Quality Assurance heeft Machinefabriek Mogema 't Harde B.V. twee internationaal erkende certificaten verworven; ISO 9002 en AQAP 4. Het voldoen aan deze certificaten waarborgt dat Mogema kwaliteitszorg structureel deel heeft laten uitmaken van het totale productieproces

De directie van Mogema besloot te gaan werken volgens een kwaliteitsbeheersingssysteem om aan de steeds hogere eisen te kunnen voldoen. Zij achtte dit eveneens van groot belang met het oog op 1992. Na een grondige voorbereiding, waarbij al het personeel betrokken was, vond dit voorjaar, gedurende vier dagen, de evaluatie van Lloyd's plaats.

Om aan precisie en kwaliteitseisen van huidige en toekomstige opdrachtgevers tegemoet te komen beschik Mogema onder andere over een controle afdeling en geconditioneerde meetkamer. Deze zijn

voorzien van de meest moderne middelen op het gebied van meettechnieken, waaronder twee drie-dimensionale meetmachines. Meetmiddelen en -apparatuur worden door middel van kalibratie volledig bewaakt op nauwkeurigheid, alles in overeenstemming met de ISO 9002 en AQAP 4 eisen.

Machinefabriek Mogema 't Harde B.V. is een modern en dynamisch bedrijf, gespecialiseerd in hoogwaardigprecisie draaifrees-, boor-, en kottewerk voor diverse takken van de industrie in binnen- en buitenland. Mogema heeft zich vooral gespecialiseerd in het mechanisch verspanend bewerken met C.N.C. bestuurd machines. Daarnaast beschikt zij over een conventionele afdeling, een bankwerkerij en een montage afdeling waar apparaten en complete machines worden geassembleerd.

Door de grote verscheidenheid aan afdelingen is Mogema een toeleveringsbedrijf met nagenoeg ongekende mogelijkheden. De opdrachtgevers van Mogema zijn dan ook te vinden in een groot aantal

verschillende branches, waaronder de elektrotechnische, scheepvaart, luchtvaart, ruimtevaart, off-shore, de civiele sector en de verpakkingsmiddelenindustrie. ■

Internationale Conferentie en Tentoonstelling op het gebied van Lijmen (adhesieven), dichtmiddelen en ingietmaterialen (encapsuleren)

Door ASE 90 wordt van 26 tot 28 november 1990 bovengenoemde conferentie en tentoonstelling georganiseerd in het RAI congrescentrum te Amsterdam. De voertaal is engels. Dit evenement wordt gesponsord door het Plastic en Rubber Instituut te Londen (GB) en zal worden voorgezeten door Dr. A.J. Kinloch van het Britse Imperial College of Science and Technology. Nadere informatie voor geïnteresseerden is te verkrijgen bij: ASE 90 Administrations Office, Network Exhibitions & Conferences Ltd. Printers News, Market Hill Buckingham MK18 1JX, UK tel. 0280 815226 fax. 0280 815919. ■

AWF-Machinekaarten

Is uw productie optimaal georganiseerd?

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

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

Het stelsel telt ruim dertig kaarten en het kan ook dienst doen voor laboratorium-apparaten, kantoormachines, transportmiddelen enz.

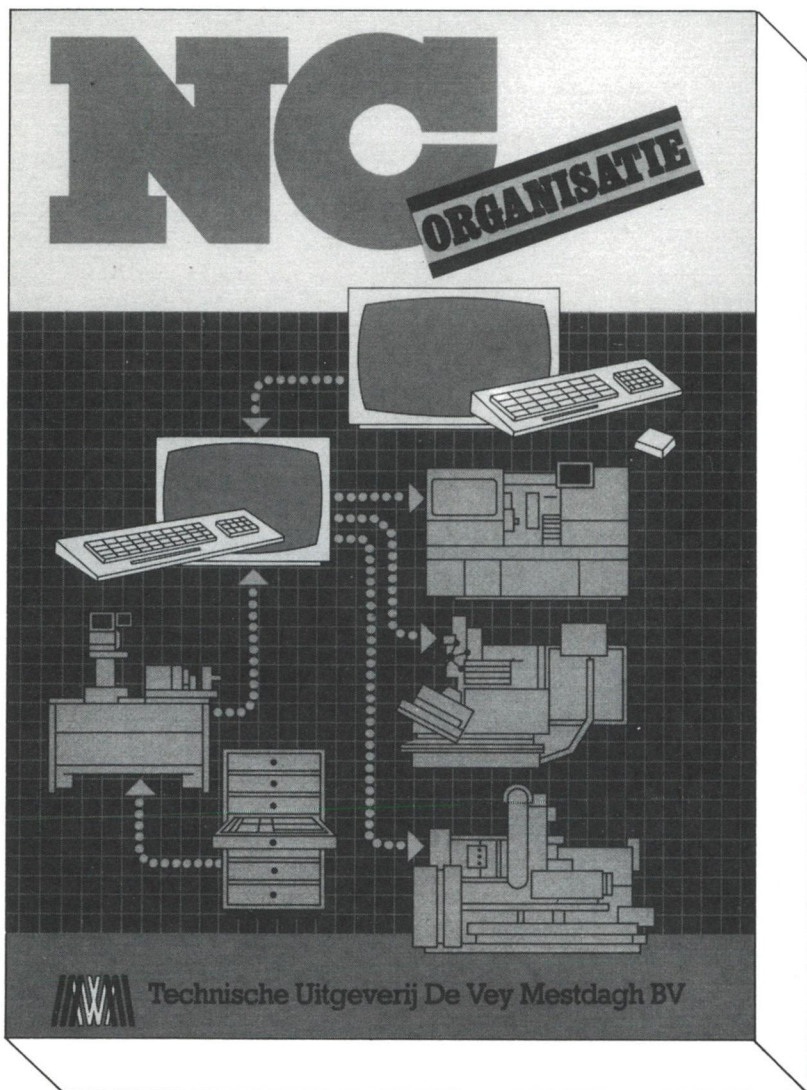
Het is altijd goed om even na te gaan of uw voorraad blanco kaarten nog voldoende is en of alle machines en apparaten er in ondergebracht kunnen worden en er ook werkelijk in zitten.

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

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

Technische Uitgeverij De Vey Mestdagh BV
Markt 51, 4331 LK Middelburg
Tel. 01180-81240





NC-Organisatie voor productiebedrijven

- programmeren
- werkplaatsorganisatie
- werkstukkeuze
- gereedschaporganisatie
- spanmiddelenorganisatie
- personele aspecten
- CAD-CAM

Voorwoord

Voor veel ondernemingen is het invoeren van numerieke besturing pas sinds kort economisch verantwoord. Deze bedrijven moeten nu in korte tijd vele problemen zien op te lossen.

1. De technologische beheersing van de NC-techniek, omdat de invoering van NC-bewerkingsmachines dikwijls gepaard gaat met het toepassen van nieuwe bewerkingsmethoden, of in ieder geval omdat andere verspaningscapaciteiten mogelijk blijken.
2. De opleiding van een groep deskundige medewerkers voor het programmeren en het bedienen van de NC-machines, en
3. Het opzetten van een effectieve NC-organisatie, die een efficiënt gebruik van de kapitaal-intensieve produktiemiddelen garandeert.

Ten opzichte van conventionele produktiemethoden vereist NC-productie in het algemeen meer voorbereidingskosten en een kwalitatief betere voorbereiding. Machinestilstand door tekortkomingen in de organisatie gaat snel gepaard met aanmerkelijke verliezen. Er ontstaan nieuwe taken zoals NC-programmering en programmabeheer. De werkplaatsbezetting moet veranderd worden, voor NC-machines moet een optimaal werkstuk-spectrum vastgelegd worden, gereedschappen en hulpmiddelen moeten gedocumenteerd en gemeten worden en het personeel moet op de hoogte worden gebracht van de nieuwe gang van zaken.

Omvang ca. 150 pagina's A5
 Vele afbeeldingen
 ISBN 90 6376 021 3

Prijs **f 46,-** incl. BTW

Ook in de boekhandel
 verkrijgbaar
 In België te bestellen bij
 uitgeverij de Sikkkel

Wij verzoeken u te leveren _____ ex.



NAAM _____

ADRES _____

POSTKODE _____

PLAATS _____

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

Voor degene, die voor het eerst met numerieke besturing te maken krijgt, geeft dit boek snel een overzicht van de betreffende probleemgebieden en doelmatige praktijkoplossingen voor de produktievoorbereiding en fabricage. Ook de ervaren NC-technicus vindt hierin nog uitgebreide informatie hoe hij zijn eigen NC-organisatie kan verbeteren.

De stof in dit boek is wat terminologie en inhoud betreft gebaseerd op de cursus "Produktievoorbereiding en -besturing" van het REFA-instituut in Darmstadt. De Nederlandse vertaling werd verzorgd door de Contactgroep Numerieke besturing van de Vereniging voor Produktietechniek VVW.



de vey mestdagh

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

Werkplaatsinformatie

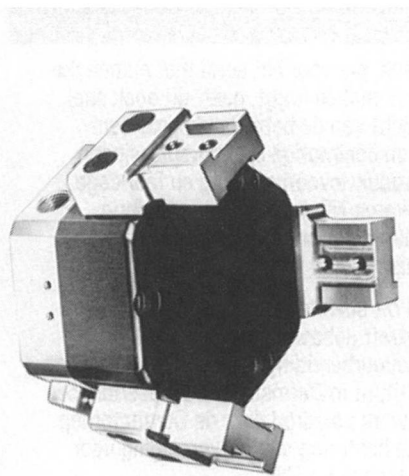
Compacte drieklaaws-robotgrijper

De Westduitse fabrikant Sommer Automatic ontwikkelde recentelijk een compacte robotgrijper voor ronde producten waarmee onder alle omstandigheden een veilige klemming wordt bereikt. Een hefcilinder met drie schaarpenen brengt drie klauwen exact gelijk naar binnen of buiten, waardoor het te klemmen produkt nauwkeurig wordt gecentreerd.

De grijper is voorzien van dubbele geleidingen en een veer met een zelfremmen-functie. Het geheel is ondergebracht in een aluminium behuizing.

De robotgrijper is momenteel in drie uitvoeringen leverbaar. De slag van de verschillende typen bedraagt resp. 4 mm, 6 mm en 8 mm per klauw. Alle uitvoeringen zijn zowel voor inwendig als uitwendig klemmen. Voor inwendig klemmen is de spreidkracht resp. 550 N, 700 N en 1000 N. Voor uitwendig klemmen bedraagt de klemkracht resp. 400 N, 600 N en 850 N. Afhankelijk van type bedraagt de eigen massa 600 gram, 900 gram en 1500 gram. Technisch Bureau Meiniger brengt ze in Nederland op de markt.

Voor uitvoerige info:
Technisch Bureau Meiniger BV,
Postbus 743, 2280 AS Rijswijk,
Telefoon 070-3401780. ■



Controle van metalen objecten met geluidsgolven van verschillende frequenties

Expertest, ontwikkeld door het Franse bedrijf MICREL, is het enige controleapparaat met geluidsgolven van meerdere frequenties. Het voert een non-destructieve controle uit op metalen objecten. De resonantiemethode die Expertest gebruikt is gebaseerd op een frequentiemeting van de verschillende trillingsmodi van het stuk metaal.

Expertest bestaat uit drie sensoren voor het opwekken van de trillingen (via een elektromagneet) en het opvangen van de golven. De sensoren worden op het te testen object aangebracht. Met behulp van een elektronisch systeem worden de sensoren bestuurd en worden de resonantiefrequenties met de uiterste nauwkeurigheid (een resolutie van 1/10 000) gemeten. Ten slotte is er het softwaresysteem op diskette of op harde schijf, dat de mogelijkheid biedt Expertest op alle soorten metalen objecten toe te passen.

Expertest kan de de hand bediend worden via controlelampjes of geïntegreerd worden in een geheel van automatische controleapparatuur. Bij de controlepost stopt elk stuk metaal bij de sensoren. Deze worden op het meetobject geplaatst of daar zeer dichtbij gebracht. Het gecon-

troleerde stuk wordt dan naar één van de twee uitgangen gestuurd: goed of slecht.

Het Expertest-systeem omvat een ingebouwde automaat, en er kan een compleet controlestation geleverd worden, met extra interface-kaarten als optie.

Expertest is snel (10 frequentiemetingen in enkele seconden) betrouwbaar en automatiseerbaar. Het kan interne en externe fouten van metalen objecten opsporen (scheuren, krimpfoltes), het aantal nodale punten meten en maatverschillen vaststellen. De metingen kunnen geanalyseerd worden om de verschillende fouten gescheiden te houden en kunnen in statistische reeksen opgeslagen worden. Ten slotte heeft Expertest geen voorbereiding van het metaaloppervlak en is er olie noch water bij nodig.

Dit Franse bedrijf is nog op zoek naar een handelspartner voor de Nederlandse markt.

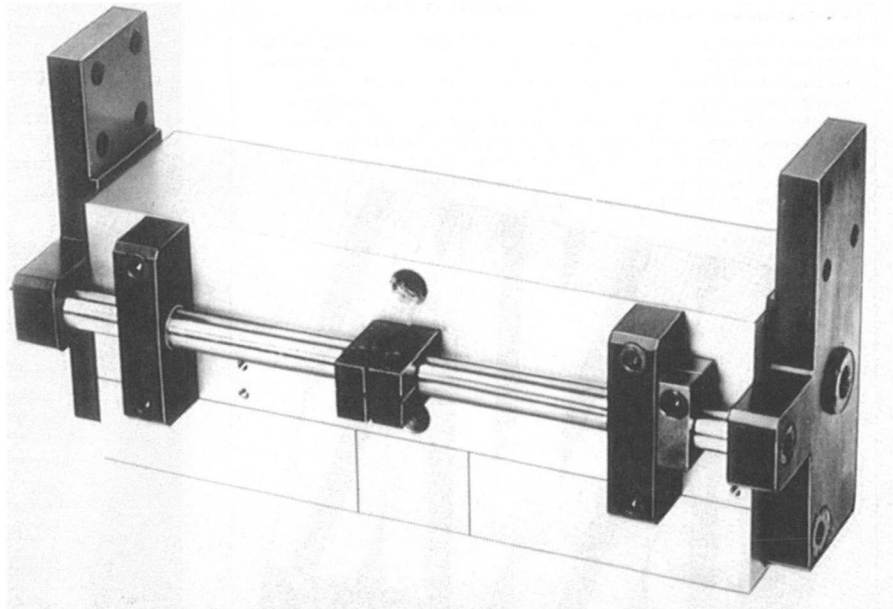
Voor nadere informatie:
Stichting Frantech
Bureau Informatie Franse Technologie
Keizersgracht 276
1016 EW Amsterdam
Telefoon 020-254736. ■

Exact centrisc werkende robotgrijper met grote slag

Nieuw in het programma van de West-Duitse fabrikant Sommer is een pneumatische parallelgrijper met grote slag die exact centrisc werkt. Om het probleem grote slag en centrisc grijpen te realiseren heeft Sommer de oplossing gevonden door toepassing van twee luchtcilinders die door middel van een tandheugel met elkaar verbonden zijn. Met behulp van deze heugel worden de grijpervingers tot een synchrone beweging gedwongen, zowel bij openen als sluiten en onafhankelijk van de lengte van de slag. Met de geïntegreerde klemnokken is de slag eenvoudig instelbaar. De totale grijperslag is max. 100 mm. Nieuwe uitvoeringen met een slag van 150 mm en 200 mm zijn in ontwikkeling.

De klemkracht bedraagt 440N, de spreidkracht 250N. De eigen massa van de grijper bedraagt slechts 2750 gram. Alle aan slijtage onderhevige delen zijn gehard en geslepen en de draaipunten zijn zelfsmarend. De uitvoering moet onder extreem zware omstandigheden probleemloos functioneren. Het geheel is ondergebracht in een geëloxeerd aluminium huis dat goed is afgedicht tegen water, vuil en spanen. De afmetingen zijn in rust ca. 200 mm x 60 mm x 110 mm.

Voor uitvoerige info:
Technisch Bureau Meininger
Postbus 743, 2280 AS, Rijswijk
Telefoon: 070-3401780.



Contoursnijsysteem voor dunne metaalplaat

Het door het Franse bedrijf SAF ontwikkelde plasma zuurstof-snijden biedt een flexibel, geautomatiseerd snijsysteem voor dunne metalen platen, met hoge productie mogelijkheden.

Het systeem omvat drie elementen:

- een portaalsnijmachine, de Oxytome CTF 1500;
- een digitale stuurseenheid, de Digisaf 3;
- een plasma stroombron, de Nertaljet 60H, uitgerust met toorts, de OCP 40X.

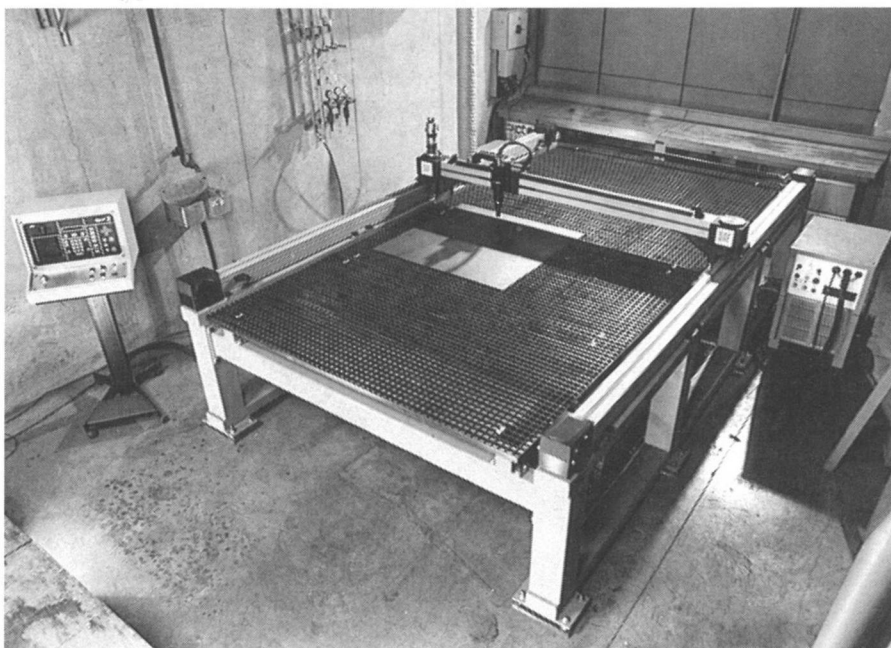
De Oxytome heeft een robuust, zelfdragend chassis, een dubbelaangedreven portaal, een beweegbare kogelgeleide kolom met drie verplaatsingsassen, gelijkstroom-servomotoren en een mobiele rook- en stofafzuiger onder de snede.

De Digisaf is een krachtige en flexibele digitale stuurseenheid. Deze stuurseenheid kan aangesloten worden op een microcomputer en ondersteund met software voor CAD en voorraadbeheer. Dit biedt flexibele produktiemogelijkheden.

De Nertaljet heeft een elektronisch geschakelde stroombron, een bedrijfsfactor van 100% en een gepatenteerde boogontsteking zonder HF. Dit betekent geen storing op gegevens verwerkende apparaten.

De toorts wordt met perslucht gekoeld en gebruikt zuurstof als snijgas en een mengsel van helium en argon als hulpbooggas. Met dit contoursnijsysteem is een snijsnelheid van 21 meter per minuut mogelijk voor staalplaat met een dikte voor 0,4 mm. Er vindt geen nitreering en vrijwel geen huidvorming plaats. De snedekwaliteit is zeer goed. Bij plaatdikten tot 1 mm geen braamvorming.

Voor uitvoerige info:
SAF Nederland
Rudonk 6b 4824 AJ Breda
Telefoon: 076-410080.



VERSPANENDE GEREEDSCHAPS WERKTUIGEN

Horst Witte

Uitgangspunt van de auteur

De auteur beoogt met dit boek een grondslag te leggen voor diegenen die zich voor het eerst in de verspanende bewerkingen en de verspanende gereedschapswerktuigen moeten verdiepen. De omvangrijke van het vakgebied noopte de auteur het wezenlijke van het overbodige te scheiden. Mede daardoor is dit boek dan ook geen verslag van een machinebeurs, maar het behandelt de produktietechniek volgens principiële gezichtspunten. De gebruikte terminologie is, waar mogelijk, in overeenstemming gebracht met de laatste stand van de normalisatie in Nederland.



Ook in de boekhandel verkrijgbaar

In België te bestellen bij uitgeverij de Sikkel

Prijs
f 52,-
incl. BTW.

"Verspanende Gereedschapswerktuigen"

omvat 240 pagina's op formaat 15,4 x 22,2 cm en 360 afbeeldingen, merendeels uitgevoerd in driekleurendruk.



de vey mestdagh

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

Wij verzoeken u te leveren

_____ ex. Verspanende gereedschapswerktuigen

NAAM

ADRES

POSTCODE

PLAATS

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

SI-eenheden voor werkplaatsgebruik

GROOFTHEID	SI-EENHEID	Symbool	Uitspraak	Verhouding met andere eenheden
lengte	meter	m	mētr	
	kilometer	km	kōm	
	centimeter	cm	sēn-ti-mētr	
	millimeter	mm	mēl-li-mētr	
	micrometer	μm	mi-kro-nē-tr	
oppervlakte	vierkante meter	m ²	mētr-kwēd	
	vierkante centimeter	cm ²	sēn-ti-mētr-kwēd	
	vierkante millimeter	mm ²	mēl-li-mētr-kwēd	
volume	kubieke meter	m ³	mētr-kwēd	
	kubieke decimeter	dm ³	sēn-ti-mētr-kwēd	
	kubieke centimeter	cm ³	mēl-li-mētr-kwēd	
	kubieke millimeter	mm ³	mēl-li-mētr-kwēd	
	kubieke micrometer	μm ³	mi-kro-nē-tr-kwēd	
massa	kilogram	kg	kō-lō-gām	
	gram	g	gām	
	milligram	mg	mēl-li-gām	
	microgram	μg	mi-kro-nē-tr-gām	
temperatuur	Kelvin	K	kēl-vin	
	grad Celsius	°C	gād-sēl-si	
energie	joule	J	gō-ē	
	kilowattuur	kWh	kō-lō-wāt-ur	
kracht	newton	N	nē-wōn	
	kilonewton	kN	kō-lō-nē-wōn	
druk	newton per vierkante meter	N/m ²	nē-wōn-mētr-kwēd	
	kilopascal	kPa	kō-lō-pā-sāl	
	megapascal	MPa	mē-gā-pā-sāl	
geometrische grootte	grad	°	gād	
	minuut	'	mī-nū-t	
	second	"	sē-kōnd	
lengte per eenheid	centimeter per millimeter	cm/mm	sēn-ti-mētr-mēl-li-mētr	
	millimeter per meter	mm/m	mēl-li-mētr-mētr	
	centimeter per meter	cm/m	sēn-ti-mētr-mētr	
	millimeter per meter	mm/m	mēl-li-mētr-mētr	

© 1978 den boer middelburg / uitgevers
Markt 51 - 4330 aa Middelburg
Telefoon (01180) 27651

HANDIG

Past in borstzak van overhemd, stofjas of overall.

Vouwtabel met alle in de werkplaats voorkomende SI-eenheden.

Tweezijdig geplastificeerd: voorkomt vuil worden en slijtage.

PRIJS:
10 - 49 exemplaren f 2.50 p.ex.
50 - 99 exemplaren f 2.25 p.ex.
100 - 249 exemplaren f 2.— p.ex.
250 - 499 exemplaren f 1.50 p.ex.
500 en meer f 1.25 p.ex.

* Minimum afname 10 exemplaren.

ex tabellen SI-eenheden.

Zend mij

Naam

Adres

Plaats

in open envelop zonder postzegel zenden aan
TECHNISCHE UITGEVERIJ
DE VEY MESTDAGH BV
Markt 51
4331 LK Middelburg