

Inleiding in de optica (IV)

H.G.J. Rutten

In de vorige drie afleveringen werden optische componenten besproken zoals lenzen, prisma's, spiegels en vensters. Ook werden afbeeldingsfouten behandeld die bij de toepassing ontstaan. Wat deze optische componenten met elkaar gemeen hebben is, dat zij alle relatief groot kunnen zijn en het optische glas waaruit een component is vervaardigd uniform van eigenschappen is.

In deze aflevering worden optische componenten behandeld die veelal klein zijn, samengesteld zijn tot bundels en arrays, of waarvan het materiaal waaruit ze vervaardigd zijn niet uniform dezelfde optische eigenschappen heeft: fibers.

Inleiding over fibers

Fibers zijn dunne glasvezels. De dikte ervan varieert van enige honderdsten van een millimeter tot zelfs meer dan 4 mm. Deze kunnen worden samengesteld tot optische componenten. In zo'n geval spreekt men van fiberoptiek, of in goed Nederlands van glasvezeloptiek. Nu is het echter niet zo dat er met elke willekeurige dunne glasvezel een glasvezeloptiek kan worden gemaakt. Een optische glasvezel is dus iets meer dan zomaar een dunne getrokken glasdraad van een of andere willekeurige glas-soort.

Ook moeten deze glasvezels niet worden verward met vezels welke worden gebruikt voor het versterken van kunststoffen of, zoals recentelijk ook reeds mogelijk is, van aluminium.

Het is wellicht daarom dat voor optische toepassingen de naam fiberoptiek is ingeburgerd, waaraan wij willen vasthouden. En als er wordt gesproken over een fiber, dan wordt daarmee een glasvezel bedoeld die bruikbaar is voor optische toepassing. Welke optische toepassingen hangt niet alleen af van de manier waarop deze fibers zijn toegepast, maar ook van de eigenschappen die zij hebben.

Alvorens een aantal toepassingen en hun principiële werking te verklaren is het zinvol te weten hoe een fiber eigenlijk werkt.

Het kenmerkende van een fiber is dat het licht dat, zij het binnen bepaalde grenzen, aan een zijde van een fiber invalt er aan de andere zijde weer uit komt, ongeacht de lengte van de fiber; zie figuur 1. Natuurlijk treden er verliezen op. Door de optische dichtheid van het materiaal zal vanzelfsprekend onderweg licht worden geabsorbeerd. Ook kan door andere zaken (mechanisch van aard) onderweg licht verloren gaan,

bijvoorbeeld door een beschadiging. Als dit wordt uitgesloten komt het erop neer dat bij een fiber geen licht "weglekt". In analogie met een stroomgeleider wordt een fiber daarom ook wel lichtgeleider genoemd. Het licht treedt slechts aan een zijde uit. Er is dus een of ander optisch mechanisme dat dit effect mogelijk maakt.

In de eerste aflevering van deze serie hebben we dit fenomeen reeds besproken. In die aflevering hebben we gezien dat als licht over wil gaan van een optisch dicht naar een optisch minder dicht medium er sprake is van een kritische hoek. Is deze hoek kleiner dan wordt het licht gebroken en verlaat het

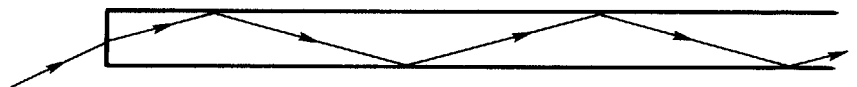
medium waar het licht zich op dat moment beweegt. Is de hoek echter groter, dan reflecteert het licht aan het grensvlak en wordt weer in het optische medium teruggeworpen.

In de eerste aflevering van deze serie hebben we gezien dat bij een gewoon optisch glas met een brekingsindex van ca. 1,5 grenzend aan lucht, deze hoek ongeveer 41 graden is. Natuurlijk moet er bij de bepaling van dit fenomeen bij een fiber ook rekening mee worden gehouden dat het licht gebroken wordt als het de fiber binnentreedt. Daardoor ontstaat er dus al een openingshoek waaronder een lichtstraal maximaal mag invallen zonder dat die bij de eerste aanraking van de wand van de fiber deze laatste weer verlaat.

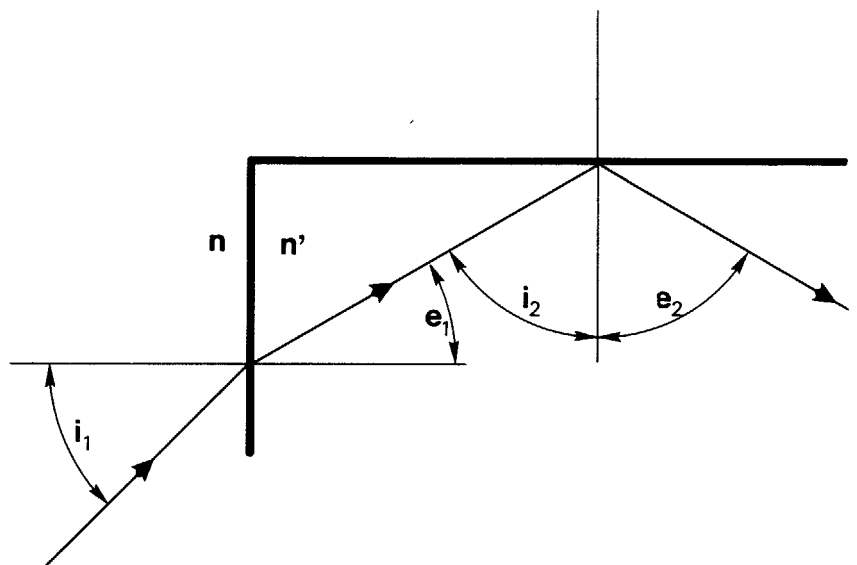
We zien dus dat een fiber een bepaalde openingshoek heeft. Bekijken we de situatie in een fiberdoorsnede over het hart, zie figuur 2, dan kan deze hoek als volgt worden berekend.

Allereerst herinneren we ons de wet van Snellius:

$$\frac{\sin i_1}{\sin e_1} = \frac{n'}{n}$$



Figuur 1 Fiber



Figuur 2 Optisch principe fiber

Als de invalshoek aan het fiberintredevlak gelijk is aan i_1 , dan is de hoek waaronder een lichtstraal zich in de fiber voortplant gelijk aan:

$$e_1 = \arcsin \frac{\sin i_1}{n'}$$

De hoek waaronder de straal de wand van de fiber treft is gelijk aan:

$$i_2 = 90^\circ - e_1$$

Omdat voor een totale reflectie aan lucht geldt:

$$\sin i_2 \cong \frac{1}{n'}$$

en tevens geldt

$$\sin i_2 = \cos e_1$$

dan geldt dus ook:

$$\cos e_1 \cong \frac{1}{n'}$$

Hiermee kan de maximale intredehoek berekend worden.

Uit de goniometrie weten we dat:

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

Herleid naar $\cos i_2$ geeft dit:

$$\cos i_2 = \sqrt{1 - \sin^2 i_2}$$

Hierin ingevuld het gegeven van de totale inwendige reflectie aan lucht geeft:

$$\cos i_2 = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 i_1}{n'^2}}$$

waaruit dus blijkt:

$$\frac{1}{n'} \sqrt{n'^2 - \sin^2 i_1} \cong \frac{1}{n'}$$

dit geeft:

$$n'^2 - \sin^2 i_1 \cong 1$$

Er geldt echter $\sin^2 i_1 \leq 1$

hetgeen wil zeggen dat $n'^2 \geq 2$

$$\sqrt{2} = 1,414$$

Dus als het glas een grotere index heeft dan 1,414 en het grenst aan lucht, dan zal al het licht dat binnenvalt ook door de fiber worden geleid. Alle bekende glassoorten hebben een brekingsindex die groter is dan 1,414. Hieruit blijkt dus dat de openingshoek gelijk is aan 180 graden.

Helaas geldt de bovenstaande formule alleen voor de axiale doorsnede over de hartlijn, daar waar het licht geen last heeft van de ronde vorm van de fiber. Valt licht buiten de hartlijn in, dan zal de openingshoek kleiner worden. Van een nadere uitleg wordt afgezien omdat een dergelijke uiteenzetting het bestek van dit artikel in dit tijdschrift te buiten gaat.

De grote openingshoek zou op een enkelvoudige fiber betrokken geen enkel bezwaar opleveren. Maar wat zal er gebeuren als deze fiber vervuild of bespat wordt met waterdruppeltjes. Op dat moment is er geen glas-lucht overgang meer, maar een glas-water overgang. Aangezien de brekingsindex van glas groter is dan die van lucht, zal de kritische hoek groter worden. De brekingsindex n_w van water is gelijk aan 1,33. De hoek waaronder nu de totale inwendige reflectie optreedt kan dus berekend worden.

Bij een glas-lucht overgang is de kritische hoek:

$$\arcsin \left(\frac{1}{n'} \right) = \arcsin \left(\frac{1}{1,50} \right) = 41,81^\circ$$

Bij een glas-water overgang is deze hoek:

$$\arcsin \left(\frac{n_w}{n'} \right) = \arcsin \left(\frac{1,33}{1,50} \right) = 62,457^\circ$$

Daardoor verandert natuurlijk ook de openingshoek. In dat geval geldt (we recapituleren even):

$$i_{2\max} = \arcsin \left(\frac{n_w}{n'} \right)$$

Ook hier geldt:

$$i_{2\max} = 90^\circ - e_1$$

dus geldt ook:

$$i_{2\max} = \arcsin (n' \cdot \sin e_{1\max})$$

Er geldt al:

$$\sin i_{2\max} = \cos e_{1\max}$$

dus blijkt:

$$\begin{aligned} \cos e_{1\max} &= \sqrt{1 - \sin^2 e_{1\max}} \\ &= \sqrt{1 - \frac{\sin^2 e_{1\max}}{n'^2}} \end{aligned}$$

Hieruit volgt:

$$\sqrt{1 - \sin^2 i_{2\max}} = n_w$$

$$n'^2 - \sin^2 i_{1\max} = n_w^2$$

zodat uiteindelijk geldt:

$$i_{1\max} = \arcsin \sqrt{n'^2 - n_w^2}$$

De openingshoek in deze situatie is dus ook nog afhankelijk van de index van het glas waaruit de fiber is vervaardigd.

Voor een laagbrekend glas met een index van 1,5 zou de openingshoek ca. 44 graden bedragen.

We kunnen op deze manier ook bepalen welke index er nodig is opdat bij vervuiling door water toch de volledige openingshoek blijft gelden.

In dat geval geldt:

$$\sin i_{1\max} = 1 = \sqrt{n'^2 - n_w^2}$$

ofwel:

$$n'^2 - n_w^2 = 1$$

dus:

$$n'^2 = n_w^2 + 1$$

dus is de minimale index in dit geval:

$$n'_{\min} = \sqrt{1 + n_w^2} = 1,664$$

Toch wenst men geen risico, bij welke vervuiling dan ook. Er moet altijd een betrouwbaar resultaat bereikt kunnen worden.

Voorals een aantal fibers tegen elkaar zou liggen is het volledig ongedefinieerd wat er gebeurt. In dergelijke gevallen kan zelfs licht van de ene fiber overgaan in een andere.

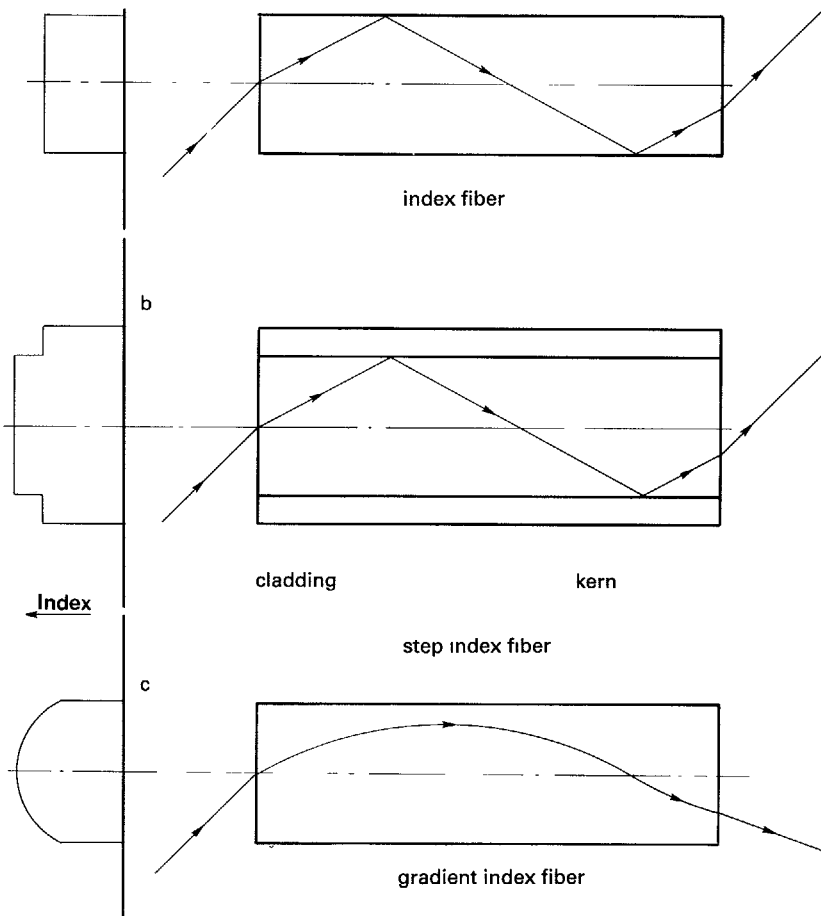
Om een eenduidige manier van functioneren van een fiber te garanderen is deze opgebouwd uit twee materialen, de *step index fibers*.

De eigenlijke glaskern, waardoor het licht zich dient te bewegen, wordt omhuld met een tweede glaslaag. Deze tweede glaslaag moet dan zorgen voor het optische effect. Daarom is de kern van een fiber vervaardigd uit een glassoort met een hoge brekingsindex en de mantel uit glas met een lage brekingsindex. Deze omhullende glasmantel wordt cladding genoemd, die tijdens de fabricage tegelijkertijd om de kern wordt aangebracht. In figuur 3b is deze fiber getekend.

Er zijn verschillende combinatiemogelijkheden. De keuze van de brekingsindices, de "hoge" voor de kern en de "lage" voor de mantel, is van een aantal factoren afhankelijk. Elke combinatie heeft zijn eigen openingshoek.

Deze openingshoek kan op dezelfde manier bepaald worden als we gezien hebben bij het geval met de waterdruppel.

Hoe groot de openingshoek bij een bepaalde combinatie van indices is, kunnen we zien in de tabel, figuur 4. We constateren daarin dat de openingshoek in grote mate afhankelijk is van het verschil van de indices.



Figuur 3 Soorten fibers (optisch principe)

Omdat het licht binnen de openingshoek van de fiber nooit in het tweede glasmedium kan komen, zal het duidelijk zijn dat een dergelijke fiber geen last meer heeft van vervuiling.

Deze cladding heeft echter ook een nadeel. Het theoretische model, uitgaande van een uiterst scherpe scheiding tussen de beide glassoorten, blijkt in de praktijk niet haalbaar te zijn. Er is namelijk een zekere onregelmatigheid in de overgang. Deze is een gedeeltelijke menging van de glassoorten en het niet exact strak zijn van de overgang.

Hierdoor ontstaan interne reflectieverliezen die zich uiteten als een versterkt absorptieverlies.

Een andere mogelijkheid om de fiberwerking op te wekken is door het basismateriaal zodanig om te werken dat het aan de wand andere eigenschappen heeft dan in het centrum. Men is ertoe in staat om langs chemische weg het glas aan de buitenzijde zodanig aan te tasten dat de brekingsindex daar lager wordt. Het verloop van deze index is te zien in figuur 3c. Doordat de brekingsindex naar de rand van de fiber toe lager wordt

zal de lichtsnelheid in dat deel van de fiber toenemen. Daardoor ontstaat een optische buiging. De verlaging van de brekingsindex is echter zodanig gekozen dat een bepaalde openingshoek mogelijk is. De lichtstraal slingerd zich dus als het ware door de fiber.

Fibers met een van het centrum naar buiten toe afnemende brekingsindex worden *gradient index fibers* genoemd.

Het is evenwel niet het geval dat men deze fabricagemethode heeft gekozen om van het probleem af te zijn dat tijdens de fabricage met twee verschillende glassoorten gewerkt moet worden. Er is ook nog een belangrijk optisch voordeel.

Bij een tweelaags fiber reflecteert het licht tegen de glasovergangen. Dit brengt met zich mee dat de optische weglengte in de fiber voor elke afzonderlijke straal, die onder verschillende hoeken binnenvalt, anders is. Een straal die axiaal invalt zal de kortste weg hebben, terwijl een straal die net binnen de grenshoek binnenvalt de grootste weg zal moeten afleggen. Als de looptijd van een optisch signaal dus van belang is, dan kan dit problemen geven. Anders is de situatie bij de gradient index fibers. Omdat licht altijd de kortste weg wil nemen – en dat kan bij een optisch homogeen materiaal alleen maar via reflectie – dan buigt het licht in de buitenzones van de fiber. Omdat daar de brekingsindex kleiner is zal daar de lichtsnelheid groter zijn. De brekingsindex is immers gedefinieerd als de verhouding tussen de lichtsnelheid in vacuüm en die in de optisch dichte stof.

Doordat het licht daarin sneller gaat zal de looptijd van optische signalen door een dergelijke fiber altijd even lang zijn, ongeacht de hoek waaronder deze in de fiber invallen. Dit is vooral van belang bij de optische telecommunicatie.

Een andere eigenschap van gradient index fibers is hun optische sterkte, zij hebben een focuserende werking. Daardoor zijn zij in staat om van een object een afbeelding te maken. Wel behoort echter bij elke objectafstand een specifieke fiber. Hierover echter meer aan het einde van dit artikel.

Principiële fibertoepassingen

Door de verscheidenheid van fibers heeft elke soort zijn min of meer eigen specifieke toepassingsgebied. Natuurlijk zijn er overlappingsgebieden.

Lichtgeleiders

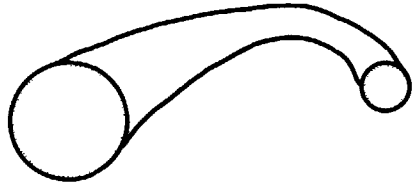
Lichtgeleiders zijn, zoals de naam het al zegt, geleiders van licht. De functie van deze lichtgeleiders is dan ook zeer be-

	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85
1,40	32,6	41,7	50,8	60,8	74,7	90,0	90,0	90,0
1,45	22,6	33,2	42,6	51,9	62,5	78,5	90,0	90,0
1,50		23,0	33,8	43,4	53,1	64,3	84,3	90,0
1,55			23,4	34,4	44,3	54,3	66,2	90,0
1,60				23,8	35,1	45,1	55,6	68,2
1,65					24,2	35,7	46,0	56,8
1,70						24,5	36,3	46,9
1,75							24,9	36,9
1,80								25,3

Figuur 4 Tabel voor de openingshoek van de step index fiber; deze is afhankelijk van de horizontaal aangegeven brekingsindex van de kern en de verticaal aangegeven brekingsindex van de mantel

perkt. De bekendste toepassingen zijn wel de koudlichtlampen die gebruikt worden bij de microscopie. Andere toepassingen zijn bijvoorbeeld decoratieve toepassingen. Wie kent ze niet, die sprietlampen uit het begin van de jaren zeventig.

Voordat de computers met hun beeldschermen algemeen in gebruik kwamen, werden lichtgeleiders ook veel toegepast bij navigatiedoeleinden. Zo waren de radarschermen van de luchtverkeersleiders voorzien van een netwerk van fibers waarmee landingsba-



conische converter



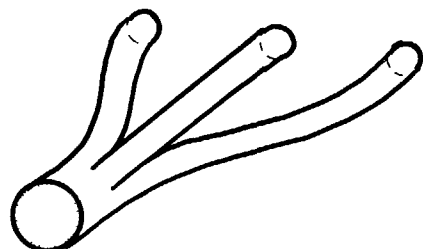
spot-splitconverter



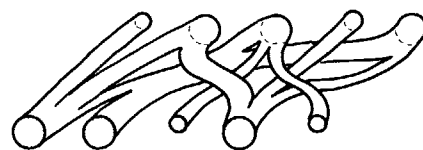
spot-ringconverter



ringgeleider



enkelvoudige vertakking



meervoudige vertakking

Figuur 5 Uitvoeringsvormen van lichtgeleiders

nen, gebouwen en dergelijke waren aangegeven. Dit om te voorkomen dat deze contouren in zouden branden op de gevoelige radarschermen.

Bij een lichtgeleider kan de bundel samengesteld worden uit enkele fibers. Deze hebben afzonderlijk een dikte van 20 tot ca. 200 μm en zijn willekeurig in de bundel samengevoegd. Een samengestelde bundel kan afmetingen hebben tot een diameter van meer dan 10 mm. Doordat de enkelvoudige fibers zo extreem dun zijn, heeft deze bundel een zekere buigzaamheid. Het zal duidelijk zijn dat deze afhankelijk is van de dikte van zowel de hele bundel als ook van de afzonderlijke fibers. De buigradius van dergelijke bundels is beperkt. Bij een te sterke buiging kunnen enkelvoudige fibers breken, die dan geen deel meer uitmaken van het transport van het licht. Er treedt dan verlies op.

Niet alleen de mechanische eigenschappen beperken de minimale buigradius. Doordat door het buigen van een fiber de lichtstralen onder andere hoeken de wand van de fiber treffen zal de openingshoek verkleind worden. Een andere mogelijkheid van lichtgeleiders is dat een bundel opgesplitst kan worden. Hierdoor is het mogelijk de vreemdsoortigste constructies te bedenken. Enige daarvan zijn samengevat in figuur 5.

Toepassingen zijn bijvoorbeeld het maken van een ringvormige belichting. Een specifieke toepassing hierin is oplicht voor stereo-microscopen. Een andere toepassing is het maken van een

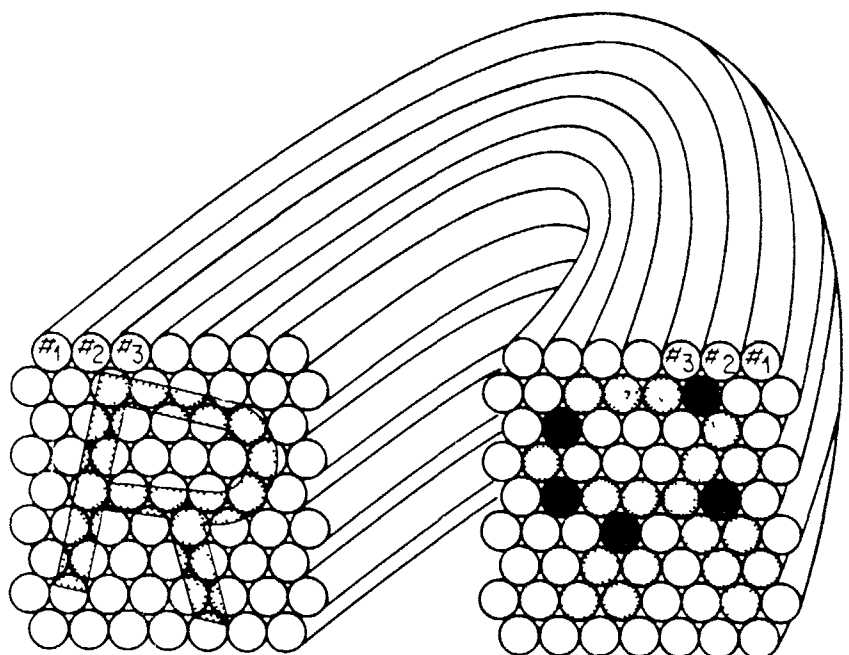
lange rechtlijnige lichtbron. Deze worden bijvoorbeeld toegepast in kopieerapparaten met spleetbelichting.

Het omgekeerde is ook mogelijk. In dat geval wordt een aantal afzonderlijke bundels samengevoegd tot een bundel waarvan de fibers van alle bundels tesa-men regelmatig verdeeld zijn. Dit soort wordt bijvoorbeeld gebruikt om in eenzelfde vlak (bijvoorbeeld van een visuele controle) verschillende kleuren te laten oplichten. De afzonderlijke bundelstransporteren dan elk een bepaalde kleur die oplicht als de betreffende lamp wordt ingeschakeld. Het zou zelfs mogelijk zijn om de uiteindelijke bundels zo regelmatig te verdelen dat met drie kleuren, rood, groen en blauw, alle kleuren kunnen worden samengesteld, naar analogie van een kleurentelevisie.

Ook is het mogelijk dat lichtgeleiders gedeeltelijk geordend zijn. Dat wil zeggen dat bepaalde delen van de gehele bundel groepsgewijs bij elkaar horen. Enige voorbeelden daarvan zijn te zien in figuur 6.

Beeldgeleiders

In tegenstelling tot een lichtgeleider is een beeldgeleider geordend. Dat wil zeggen dat de verdeling van de enkelvoudige fibers aan de intrede-zijde gelijk is aan die aan de uittrede-zijde. Als op de opening van een degelijke fiber een beeld wordt geprojecteerd, dan zal dit aan de andere zijde eveneens als beeld zichtbaar zijn. Vandaar de naam beeldgeleider. In principe wordt dus het beeld dat geprojecteerd wordt op een uiteinde van de bundel opgedeeld in



Figuur 6 Principe van een beeldgeleider

afzonderlijke beeldpuntjes. Deze beeldpuntjes e afzonderlijke fibers van de beeldgeleider. Elke fiber ontvangt een bepaalde hoeveelheid licht en stuurt deze door naar de andere zijde van de bundel. Het is duidelijk dat de resolutie van een beeldgeleider helemaal afhankelijk is van de afmetingen van elke afzonderlijke fiber. Hoe kleiner de afzonderlijke fibers zijn, des te natuurgetrouwer is de beeldoverdracht. Omdat de kosten van een dergelijke beeldgeleider in hoge mate afhankelijk zijn van de diameter van de afzonderlijke fibers, zal de keuze van de diameter hiervan rechtstreeks afhankelijk zijn van de resolutie die gehaald moet worden.

De beeldgeleiders kunnen in twee groepen worden ingedeeld. Deze zijn enerzijds de flexibele en anderzijds de starre beeldgeleiders. Zoals de naam het al zegt, flexibele zijn buigzaam en kunnen worden gebruikt voor mobiele toepassingen, de starre zijn niet buigzaam en worden toegepast in stationaire toepassingen.

Een zeer bekend voorbeeld van een flexibele beeldgeleider is de endoscoop. Hoe deze er exact uitziet is te zien in figuur 7.

Deze endoscopen worden zowel voor medische alsook voor technische toepassingen gebruikt.

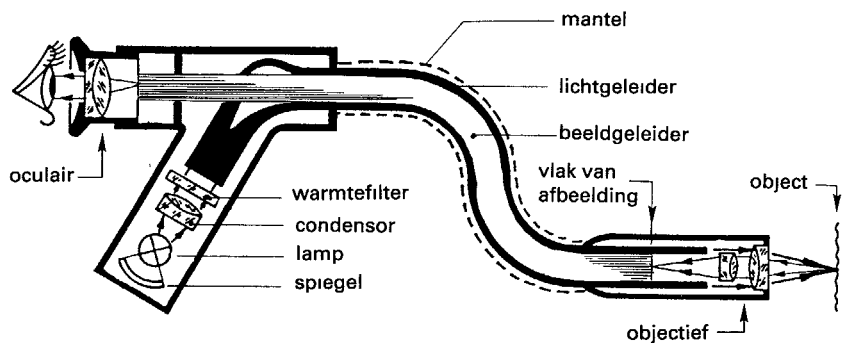
De medische toepassing is bijvoorbeeld het doen van inwendig onderzoek zonder een operatie te hoeven verrichten. Bekende onderzoeken zijn daarbij maag- en darmonderzoek.

In de techniek worden flexibele beeldgeleiders vaak toegepast voor het onderzoeken van corrosie op moeilijk toegankelijke plaatsen (carrosserie) of het waarnemen van processen in bijvoorbeeld verbrandingsmotoren.

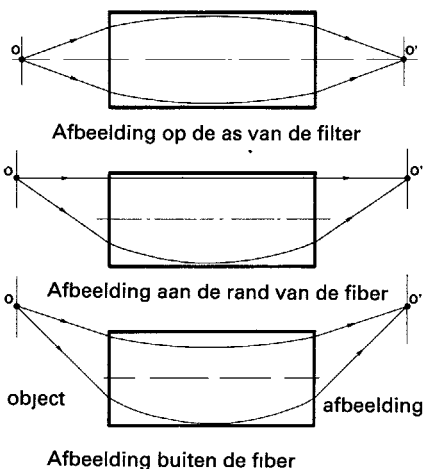
Starre beeldgeleiders hebben slechts beperkte toepassingen. Een toepassing wordt gevonden in militaire waarnemingsapparatuur. Bij een kijker met restlichtvensters is het versterkte beeld gevormd op een sterk gebogen fotomultiplier buis. Om dit beeld goed te kunnen bekijken is een loupe of oculair nodig. Juist omdat die fotobuis zo sterk gekromd is, is het zeer moeilijk en kostbaar een oculair te ontwerpen dat een tot aan de rand toe scherpe afbeelding geeft. Om deze reden wordt het beeld dan "vlak getrokken" door een beeldgeleider.

SLA (Selfoc Lens Array)

Een SLA is een samengesteld fiber array dat bestaat uit fibers met een optische sterkte. Door de gradient index van de fibers is het in staat een afbeelding te maken. Het principe is weergegeven in figuur 8.



Figuur 7 Endoscoop



Figuur 8 Afbeelding van een Selfoc fiber

De afzonderlijke fibers hebben in vergelijking met de vorige soorten grotere afmetingen. In tegenstelling tot de "gewone" fibers, waarbij de diameter van de afzonderlijke fiber klein is en de lengte lang tot extreem lang, zijn Selfoc (= Selffocussing = zelffocusserend) fibers groot in diameter (tot ca. 4 mm) en kort.

Een Selfoc fiber heeft de eigenschap dat hij een afbeelding kan maken. Hoe het stralenverloop door een dergelijke fiber is hangt geheel af van de eigenschappen die de Selfoc heeft gekregen om aan een bepaald doel te kunnen voldoen.

Bij een gewone lens kan de afstand van het object tot de lens sterk variëren. Daarbij veranderen dan tevens de afstanden waar de afbeelding ontstaat. Het blijkt dus dat een gewone lens een groot aantal verschillende vergrotingen kent. De scherpte van de afbeeldingen die gevormd worden is binnen ruime marges goed te noemen.

Anders ligt de zaak bij de Selfoc-fibers. Deze worden voor een specifieke toepassing ontworpen en gefabriceerd. Een SLA kan een afbeelding maken van een object op grote afstand, maar evenzo ontworpen worden voor een object op zeer nabije afstand. Dit laatste bij-

voorbeeld om een 1:1 beeldoverdracht te verkrijgen in een kopieerapparaat. In tegenstelling tot normale optiek levert een SLA een rechtopstaand beeld. Het beeld wordt dus als het ware "doorgegeven". Een ander effect is dat, als het object naar het SLA toe beweegt, de afbeelding ook naar het SLA toe beweegt, en niet zoals bij een gewone lens of optische samenstelling er verder vanaf een afbeelding wordt gemaakt. Om deze reden is een SLA altijd maar geschikt voor een vaste vergroting van 1x. Het is dus niet mogelijk om met een SLA een variabele vergroting te maken.

Omdat tengevolge van de relatief grote openingshoek de scherptediepte erg gering is, zijn de afbeeldingsafstanden zeer nauwkeurig aan te houden. SLA's worden daarom ook aangeduid met hun optische weglengte, de afstand van object tot afbeelding.

Een enkele fiber uit een SLA array heeft een zeer beperkt beeldveld. Zodoende is zo'n fiber niet in staat een afbeelding van enig formaat te maken. Om deze reden worden die samengesteld tot grotere arrays. Deze arrays kunnen allerlei vormen hebben. De bekendste zijn uitgevoerd in de vorm van een strip van drie tot vier fibers dik en 300 mm breed. Deze worden bijvoorbeeld toegepast in kopieerapparaten met een spleetbelichting. Het origineel beweegt in dat geval met een constante snelheid door het beeldveld van het SLA en aan de afbeeldingszijde beweegt in dezelfde richting en met dezelfde snelheid de fotogevoelige laag.

Zoals gezegd zorgt bij een SLA een aantal fibers voor de afbeelding. Hoeveel dit er zijn hangt af van de openingshoek van de fibers zelf. Hoe meer fibers deelnemen aan de beeldvorming, des te groter is de openingshoeken over het algemeen des te beter de kwaliteit van de afbeelding. Dit effect is eveneens op te maken uit figuur 8.

Een bijkomend effect bij een fiber ten gevolge van zijn grote openingshoek is, dat de lichtafval naar de rand toe vrij sterk is. Dit is dan nog een extra reden om een aantal fibers in een SLA toe te passen.

Fibers in de telecommunicatie

In de telecommunicatie wordt tegenwoordig steeds meer gebruik gemaakt van de fiber. De reden hiervoor is de enorme capaciteit.

Hun capaciteit bij data-overdracht is zo groot dat de benodigde afmetingen van de kabelbundels veel kleiner zijn. Een ander groot voordeel is het geringe verlies van de fiber. Dit scheelt factoren

ten opzichte van hun koperen voorganger.

Ook heeft de fiber geen last van elektromagnetische storingen zoals magneetvelden. Ook kunnen ze niet afgeluisterd worden met spoelen of andere inductiesensoren. Doordat glas een chemisch zeer bestendig materiaal is, is ook de kans op aantasting zeer gering.

Doordat er geen stroom loopt zoals wij die kennen, is de aftakking van een signaal wat moeilijker dan bij een koperdraad. Er moeten wissels gemaakt worden die vervaardigd zijn uit optische componenten, die relatief kostbaar zijn. Ook worden hoge eisen gesteld aan de

uiteinden van een fiber. Er zijn breektechnieken ontwikkeld die het slijpen en polijsten daarvan overbodig maken.

Een compleet overzicht geven van wat er met fibers allemaal mogelijk is, is niet doenlijk. Met dit artikel hebben wij getracht de lezer een beeld te geven van wat fibers zijn en wat ermee mogelijk is. Tot slot willen wij er nog op attenderen dat er ook kunststoffibers zijn.

Literatuur

1 Glasvezels; Th. Kapsenberg, J. Tigchelaar, J.A van Woerden.

2 Faseroptik; R Tiedeken

3 Informatie van de firma Schott, die in dank ontvangen is

Kraagtrekken

Getrokken kragen worden vooral toegepast om er bevestigingsschroefdraad in te rollen, als lagerplaats voor assen en als efficiënte pijpverbinding tussen bijvoorbeeld koellamellen. Afhankelijk van materiaal en geometrie ontstaan bij deze rekbewerking echter nogal eens scheuren in langsrichting in de kraag.

Bij het Metaal Instituut TNO in Apeldoorn is al weer enige tijd geleden een manier van "kraagtrekken" ontwikkeld die aan dit probleem in veel gevallen een eind kan maken. Ze berust op de toepassing van een "tegenhouder"

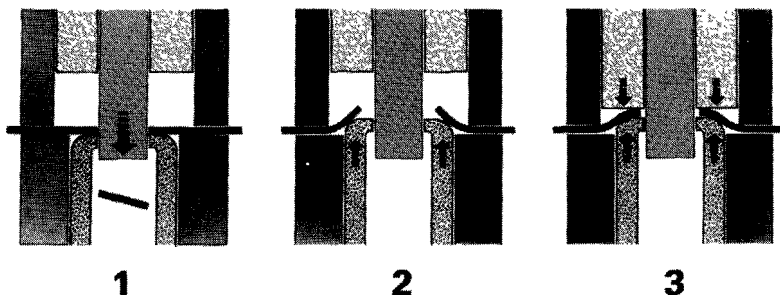
achter de te vormen kraag, die het optreden van de genoemde scheuren voorkomt. De methode leent zich zowel voor "moeilijke gevallen" als voor het trekken van extra hoge kragen. Er zijn inmiddels goede ervaringen mee opgedaan.

De werkwijze van het MI berust op de toepassing van een extra drukspanning op het materiaal, loodrecht op de hoofd(trek)spanning. Bij omvormbewerkingen die door "rekken" worden gerealiseerd resulteert dit in grotere vervormingsmogelijkheden. De relatief geringe extra druk wordt in dit geval uitgeoefend via de tegenhouder, die de zich vormende kraag geleidelijk en beheerst doet ontstaan.

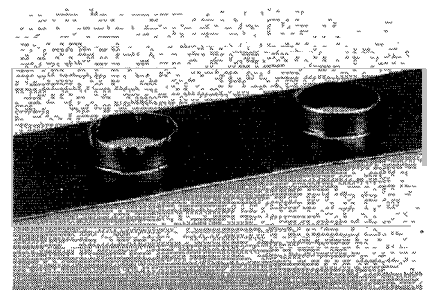
Het Metaal Instituut ontwikkelde al eerder een methode voor het hydromechanisch vervormen van buis die op dit principe is gebaseerd.

Er is één máár aan deze werkwijze. Om bij het kraagtrekken scheurvorming in dwarsrichting tegen te gaan, wordt onder normale omstandigheden een torpedovormige doorn toegepast. Bij kraagtrekken met een tegenhouder is dat uiteraard niet mogelijk en moet een vlakke doorn worden gebruikt. Dat kan in sommige gevallen de kans op dwarscheuren doen toenemen.

De groep Plaatbewerking en Omvormtechniek van het Metaal Instituut TNO geeft graag nadere informatie over deze werkwijze, die sterk kan bijdragen aan en beheerst productieproces, dat bovendien minder gevoelig is voor spreiding in de rekeigenschappen van het produktmateriaal. Adres: postbus 541, 7300 AM Apeldoorn; tel. (055) 773344, toestel 2002.



Kraagtrekken volgens een door het Metaal Instituut TNO ontwikkelde werkwijze. Links (1) het ponsen van het gat. Bij het trekken van de kraag zonder tegenhouder (2) bestaat o.a. kans op scheurvorming in langsrichting (proefplaatje, links). De toepassing van een tegenhouder die onder een relatief geringe tegendruk de kraagvorming begeleidt (3), gaat scheurvorming tegen (proefplaatje, rechts).



Proefplaatje met kragen, getrokken zonder tegenhouder (links) en met tegenhouder (rechts). Als bij het gebruik van de tegenhouder enige "wandverdunding" wordt toegelaten, kunnen op deze manier zelfs extra hoge kragen worden verkregen