

Varilux van Essilor

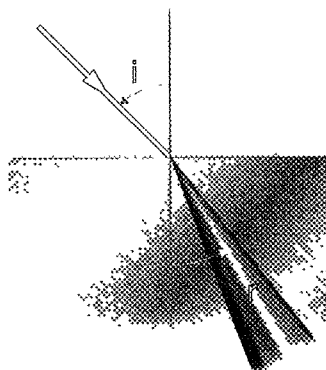
Deel 2: Materialen en bewerkingen van brillenglas

Ruim een miljard variaties! Die zijn mogelijk als er bij het oplossen van een kijkprobleem wordt gekozen voor Varilux-brillenglazen. De vestiging van Essilor in Zevenaar levert binnen vijf werkdagen zo'n paar brillenglazen, die onderling verschillen en ook altijd weer anders zijn dan hun voorgangers. Toch is iedere order steeds weer een precisietechnologische uitdaging. Want individueel toegespitste precisieproductie in grote aantallen vereist een uitstekende organisatie, zorgvuldige planning en bovenal stringente kwaliteitsbewaking. Lees hier hoe modern kijkcomfort te danken is aan geavanceerde materialen en productietechnieken.

• Frans Zuurveen •

Glas [3]

Van oudsher is glas hét materiaal voor lenzen en dus ook voor brillenglazen. Aanvankelijk was dat natriumkalkglas met een brekingsindex van ongeveer 1,5 en een chromatische dispersie, zie afbeelding 1, van ongeveer 60. Chromatische dispersie is gedefinieerd door het getal van Abbe: $\nu_d = (n_d - 1) / (n_f - n_c)$, met n_d de brekingsindex voor geel, n_f de brekingsindex voor blauw en n_c de brekingsindex voor rood licht. Een hoog getal van Abbe betekent dat de brekingsindex voor verschillende kleuren licht weinig varicert, zodat de chromatische fouten van het desbetreffende brillenglas gering zijn. Deze fouten kunnen zich manifesteren als gekleurde randen in het beeld.



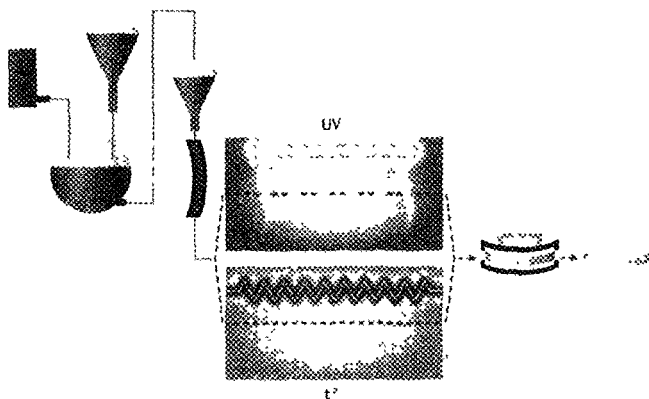
Afbeelding 1. Chromatische dispersie is de variatie van de brekingsindex als functie van de golflengte

Meer kijk- en draagcomfort vraagt om lichtere brillenglazen, vandaar het streven naar glas met een hogere brekingsindex. Borosilicaatglas heeft een brekingsindex van ongeveer 1,6 en een chromatische dispersie van ongeveer 42. Dat laatste is weliswaar minder gunstig dan bij natriumkalkglas, maar de praktijk leert dat een brildrager bij een dergelijke dispersie nog geen kijkhinder ondervindt. Brekingsindices van 1,6 tot 1,9 zijn te halen door aan het glas ook titaan, lanthaan of niobium toe te voegen. De chromatische dispersie kan daarbij dalen tot 35. Brillenglazen van die moderne glassoorten zijn nog dunner, maar de winst in gewicht die uit de volumevermindering zou kunnen worden afgeleid, is toch tamelijk gering, aangezien de soortelijke massa stijgt tot $3,6 \text{ g/cm}^3$, tegen $2,4 \text{ g/cm}^3$ voor het lichtste natriumkalkglas.

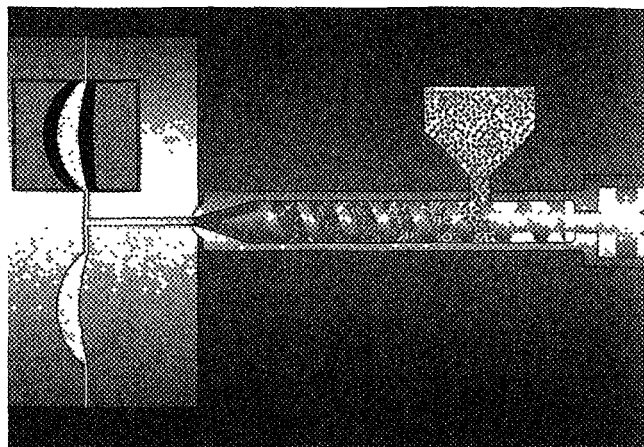
Glas kan worden gekleurd door het toevoegen van diverse metaalverbindingen. Het impregneren tot een constante diepte van het compleet bewerkte brillenglas verdicht daarbij de voorkeur, aangezien door-en-door kleuren een met de dikte variërende absorptie veroorzaakt, wat meestal hinderlijk is. Zelfkleurende brillenglazen ontstaan door impregneren met fotochrome zilverhalogenen, die niet alleen van kleur veranderen door blootstelling aan UV-licht maar ook onder invloed van temperatuur.

Kunststof [3]

Natuurlijk is kunststof veel lichter dan glas: de soortelijke massa is ongeveer de helft. Maar een bezwaar van kunststof



Afbeelding 2 Het maken van een brillenglas-blank uit thermohardende kunststof. Warmte of UV-straling zorgt voor de polymerisatie



Afbeelding 3. De matrijs voor het maken van thermoplastische blanks inclusief een deel van een spuitgietmachine. Linksboven is te zien dat het gereedschap kan zijn uitgevoerd met inzetstukken voor diverse lensconfiguraties

is de grotere krasgevoeligheid. Moderne oppervlaktebehandelingstechnieken hebben dat bezwaar grotendeels of misschien wel geheel ondervangen. De kunststoffen voor brillenglazen zijn of thermoharders of thermoplasten.

De oudste, thermohardende kunststof die Essilor ook nu nog gebruikt, is het zogeheten CR 39. Het werd in de jaren veertig van de vorige eeuw ontwikkeld door onderzoekers van Columbia Corporation. Zij doopten hun 39e experimentele polymeer "Columbia Resin 39". CR 39 is een polymeer van diethyleenglycol met allylcarbonaat. Het materiaal werd tussen 1955 en 1960 door de firma Lenticules Opthalmiques Spéciales, een mede-grondlegger van Essilor, toegepast en later verder ontwikkeld tot Orma met verbeterde eigenschappen. Verder onderzoek van Essilor leidde tot Ormex, Ormil en Stylis met nog hogere brekingsindices – tot maximaal 1,67 – bij een chromatische dispersie van 32. Ook deze materialen zijn goed kleurbaar. Fotochromen zijn ze te leveren in de kleuren bruin en grijs.

Een thermoplastische kunststof die zich door zijn transparantie goed leent voor brillenglazen, is polycarbonaat. Het voordeel daarvan is dat de breukvastheid groter is dan die van de CR 39-afgeleiden. Een brekingsindex van 1,59 is haalbaar bij een chromatische dispersie van 30. Tot voor kort was het niet mogelijk brillenglazen van polycarbonaat in fotochrome uitvoering te leveren, maar sinds kort kan de Ierse Transitions-fabriek, waarvan Essilor een belangrijke participant is, wél zelfkleurend polycarbonaat verwerken. De merknaam daarvan is Airwear Transitions.

Plastisch vormen

Duidelijk is dat de gereedschappen – mallen of matrijzen – voor het maken van blanks (de halffabrikaten dus voor de lenslijperijen) precisietechnologische hoogstandjes zijn. Hun speciale vorm met een nauwkeurigheid van enkele μm 's moet worden gecombineerd met een extreem hoge oppervlaktekwaliteit. Vooral de mallen voor glas moeten bestand zijn tegen hoge temperaturen.

Voor het maken van blanks van glas wordt er uitgegaan van ruwe preforms, een soort glazen pillen die door glasfabrikanten worden geleverd. De tot de glasverwerkingstemperatuur verwarmde pillen krijgen in de Essilor-mallen hun vorm, met aan de voorzijde het multi-, bi- of monofocale oppervlakteprofiel.

Thermohardende blanks ontstaan door de componenten eerst te mengen, het mengsel in de mal te spuiten en die te verhitten of te onderwerpen aan UV-straling, zie afbeelding 2. In het laatste geval zijn de mallen van glas. De warmte of straling zorgt voor het polymeriseren van de kunststof. Na het uitharden wordt de mal geopend en de blank eruit genomen.

Voor het maken van thermoplastische blanks worden 'gewone' kunststof-spuitsietmachines gebruikt, zie afbeelding 3. Het polycarbonaat komt als granulaat in de vultrechter en wordt daarna door een transportschroef gestuwd en gelijktijdig verwarmd. Een hydraulische cilinder drukt vervolgens de schroef naar voren, waardoor de vloeibare kunststof in de voorverwarmde matrix wordt geperst en de holte volledig vult. Na afkoelen worden de blanks uit de mal gehaald.

Frezen, slijpen, polijsten

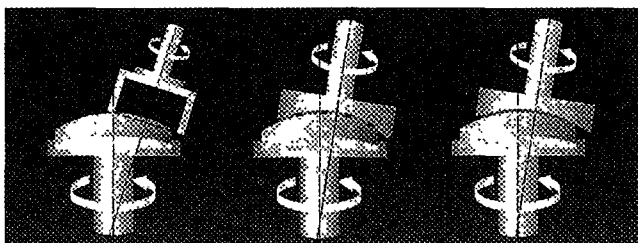
Per koerier 's nachts en elektronisch het hele etmaal komen bij Essilor in Zevenaar de bestellingen van opticiens binnen. Die bestellingen zijn dus nagenoeg altijd verschillend, in ieder geval voor het linker en rechter glas. De computers en printers zetten de binnengekomen brillenglasrecepten direct om in fabricagekaarten met de bewerkingsgegevens voor telkens één lenzenpaar. Daarna zoekt de magazijnmeester bij iedere kaart de twee benodigde blanks uit de voorraad. Maar circa 2 procent van de bestellingen is zo bijzonder dat er een speciale blank moet worden besteld, waardoor de levertermijn langer wordt.

De eerste handeling die een blank ondergaat, is de bescherming van het voorvlak. Een minerale (glazen) blank krijgt daartoe een laklaag, een kunststof blank wordt bedekt met

folie. Vervolgens wordt het voorvlak vastgezet op een speciale houder met behulp van een tinlegering met een smelttemperatuur van $65\text{ }^\circ\text{C}$, zie afbeelding 4. Die houder zorgt voor een eenduidige fixatie van de blank bij het frezen, slijpen en polijsten. De ligging van een eventuele cilindriciteit – voor het corrigeren van astigmatisme – en een correctie voor links of rechts zijn vastgelegd in de stand van de blank ten opzichte van de houder.

In sommige gevallen wordt daarna de blank aan de omtrek kleiner van diameter geslepen, omdat brillenglazen in steeds kleinere monturen worden gemonteerd en de opticiens dus vraagt om een kleine buitendiameter, soms zelfs 50 mm. Afbeelding 5 toont schematisch van links naar rechts de frees-, slijp- en polijstprocessen die dan plaatsvinden. Afbeelding 6 geeft een detail van het frezen zoals dat in Zevenaar plaatsvindt. In feite gaat het om slijpen want er wordt een komvormige steen met diamantkorrels gebruikt, maar in de fabriek spreekt men liever van 'frezen' om deze processtap te onderscheiden van het fijnslijpen erna. Bij het frezen ontstaat de eigenlijke vorm van het achtervlak, aangezien de roterende steen zodanige cirkelvormige bewegingen maakt dat het vereiste bolvlak of – bij cilindriciteit – torusvlak wordt gegenereerd. In het laatste geval is de bewegingskromtestraal in twee onderling loodrechte vlakken verschillend.

Na het frezen is de vorm van het achtervlak weliswaar vastgelegd, maar het oppervlak is nog niet transparant. De achterkant moet daarom nog worden fijngeslepen en daarna gepolijst. Daarvoor beschikt de slijperij over gereedschappen – de zgn. slijpkoppen – die nauwkeurig overeenkomen met de vereiste bol- of torusvorm. Gezien het grote aantal variaties van de kromtestraal in twee richtingen, is het slijpkoppenassortiment zeer uitgebreid. Uit dat assortiment wordt de juiste kop gekozen, waarna die wordt bedekt met een schuurschijfje met sleuven, het zogenoemd schuurpadsje. In een fijnslijpmachine wordt de slijpkop inclusief padsje met kleine kracht tegen de blank gedrukt, waarna – onder toevoer van koelvloeistof met slijpmiddel – de slijpkop een snelle precessiebeweging met kleine amplitude maakt ten



Afbeelding 5.

opzichte van de blank. Aangezien slijpkop en achtervlak qua vorm nauwkeurig overeenstemmen, verandert de vorm niet, maar neemt wel de ruwheid af

Bij het polijsten herhaalt het voorgaande proces zich, maar dan met een vilten padje en met een polijstmiddel met veel kleinere korrel. Het oppervlak wordt daardoor zo glad dat het perfect transparant is. In principe is nu de lens wat betreft vorm en oppervlaktekwaliteit klaar. Het folie of de laklaag wordt verwijderd en de lenzen gaan met de bijbehorende bon in een rek. Na reinigen en controleren op krassen en optische eigenschappen, zie afbeelding 7, zijn ze gereed om de laatste oppervlaktebehandelingen te ondergaan.

Kleuren en coaten [4]

In de productiefabriek van Transitions in Ierland krijgen de blanks voor zelfkleurende glazen al hun fotochrome diffusie, maar de permanente kleuren worden aangebracht in de receptslijperij in Zevenaar. Brillenglazen van kunststof wor-

den daartoe ondergedompeld in metaaloxidebaden voor een drietal basiskleuren. Door een glas in verschillende baden te dompelen en ook de tijd te variëren is bijna iedere gewenste kleur te realiseren. Minerale brillenglazen krijgen hun permanente kleur door het opdampen van een gekleurde laag.

Behalve kleurverandering hebben opgedampte lagen nog meer functies. Dat zijn vooral het beschermen tegen krassen en het tegengaan van reflecties. Reflecties worden onderdrukt door een aantal – om en om verschillende – lagen ter dikte van ongeveer 100 nm aan te brengen. Die dikte komt overeen met een kwart golflengte van zichtbaar licht, dat daardoor uitdooft als gevolg van interferentie. Voor harde, krasbestendige lagen wordt meestal een laagje kwarts – SiO_2 – toegepast. Onderzoek heeft geleerd dat zulke lagen het effectiefst zijn als ze op een zachtere onderlaag liggen, want dan ontstaan er bij deformatie minder haarscheurtjes door breuk. Dat alles leidt tot een “systeem” van oppervlaktebedekkingen, zie afbeelding 8.



Afbeelding 4. Het vastkitten van een blank op een houder met behulp van een vloeibare tinlegering

Voordat het brillenglas voor het opdampen in de vacuüm-klok gaat, krijgt het eerst een laklaag. Die heeft een drietal functies. De laag verbetert de hechting van de opgedampte lagen, voorkomt breuk door verschillen in thermische uitzetting en dient als zachte ondergrond voor de harde en krasvaste toplaag. De laklaag is circa 3 μm dik en ontstaat door het glas langzaam verticaal uit een lakbad omhoog te trekken. Na drogen en controleren moet de lak dan nog ongeveer vijf uur polymeriseren.

Voordat het opdampen nu kan beginnen, is het nodig de glazen te sorteren in groepen die een zelfde behandeling moeten ondergaan. Die worden vervolgens in een speciale bolvormige houder geplaatst, die een zo gelijkmatig mogelijke laagdikte garandeert. Na plaatsen van de houder in de vacuüm-klok, wordt deze vacuümgepompt door een pompstelsel met rootspomp, ruwvacuümpomp en oliediffusie-pomp. De einddruk die in ongeveer één kwartier is bereikt, bedraagt 10^{-5} mbar. Die lage druk is nodig om verontreiniging van de lagen door insluiting van restgassen of andere ongerechtigheden tegen te gaan.

Essilor Zevenaar maakt gebruik van zogenoemde elektronenstraal-opdampen. Dat wil zeggen dat een wolframkathode elektronen emitteert, die vervolgens worden gefocuseerd op het op te dampen materiaal, dat fungeert als anode. Daardoor krijgt dat materiaal – siliciumoxide, zirkoonoxide of andere metaaloxiden – een temperatuur van 1700 °C, waardoor het smelt, verdampt en neerslaat op de omgeving en dus ook op het naar buiten gekeerde oppervlak van de brillenglazen. De metaaloxiden bevinden zich in potjes in een carrousel. Door die te verdraaien kan er voor een ander opdampmateriaal worden gekozen.

Het totale opdampproces per lenskant duurt circa 25 minuten. De dikte van iedere laag wordt bewaakt door gelijktijdig een kwartskristal op te dampen, zie afbeelding 9. De verandering van de resonantiefrequentie van dat kristal is een maat voor de groei van de laag. De kristallen zijn in een verdraaibare houder bevestigd, zodat per laag een ander kristal wordt blootgesteld aan het opdampproces en de dikte van iedere laag dus kan worden gecontroleerd.

De vacuüm-klok moet weer worden belucht om de andere kant op te kunnen dampen, aangezien de brillenglazen met de hand moeten worden omgekeerd. Per kant bedraagt het aantal lagen soms wel tien, met maximaal zeven anti-reflectielagen. De bovenste laag, de zogenoemde topcoat, is meestal een harde laag SiO_2 voorzien van een wasachtig



Afbeelding 6 Het gereedschap bij het frezen met links de toevoer van koelvloeistof en rechts de blank

laagje dat water, vet en vuil afstoot. De beschreven processen zijn in wezen niet verschillend voor kunststof en glas, maar om een betere hechting te verkrijgen, worden minerale glazen verhit tot 260 °C.

Eindcontrole en verpakken

In iedere ontspiegelingscyclus draait één testglas mee, waarvan na het opdampen de ontspiegeling wordt getest. Na akkoord worden de andere brillenglazen vrijgegeven. Daarna ondergaat ieder glas nog een eindcontrole op optische eigenschappen en het ontbreken van beschadigingen en oneffenheden. Dan worden de specifieke gegevens op het glas gedrukt met inkt die de opticien makkelijk kan verwijderen.

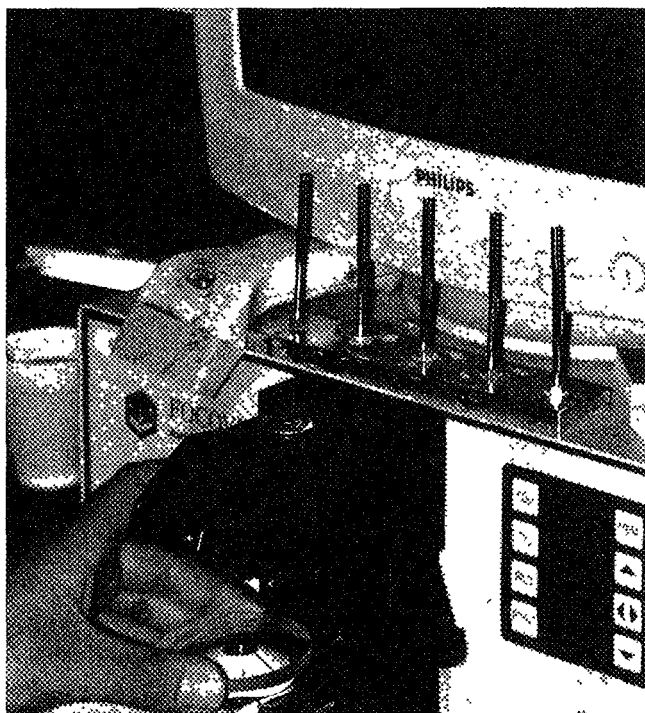
Ten slotte zorgt een speciale machine, voor het verpakken van het brillenglas in een envelopachtige omhulling. Het glas is dan klaar om naar de opticien te worden verstuurd met de koeriersdienst Distroptiek, die het transport van de gezamenlijke brillenglasfabrikanten in Nederland verzorgt. Het enige dat dan nog moet gebeuren om de klant te laten profiteren van een modern, op zijn kijkprobleem toegespitst brillenglas, is de montage van de glazen in een montuur. Daarvoor heeft de opticien een vormslijpmachine tot zijn

beschikking. De montuurfabrikant levert bij ieder brilmon-
tuur een slijpmal die het omtreksprofiel van het glas defi-
niëert.

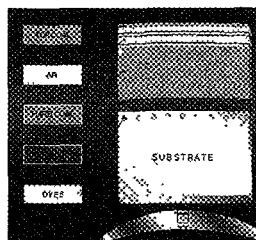
Tot slot

Optici zijn geneigd enigszins neerbuigend te reageren als er
wordt gesproken over brillenglazen. Want zij beschouwen
een brillenglas als de meest primitieve vorm van een lens.
Die bewering klopt in zoverre dat een brillenglas altijd
enkelvoudig is, dus niet een ingewikkeld samenstel van
optische componenten, zoals een hedendaags camera- of
microscopobjectief.

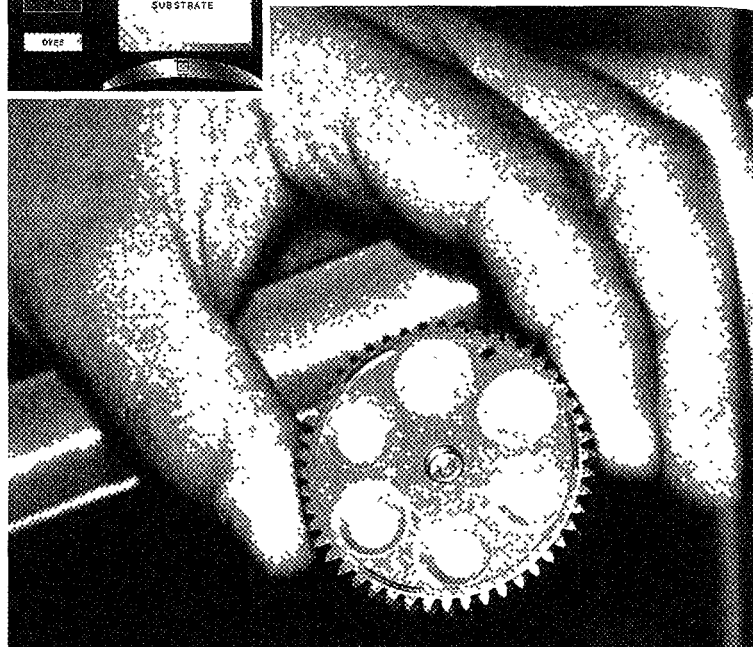
Maar het voorgaande relaas toont aan dat een modern mul-
tifocaal brillenglas met anti-reflectie-coating en krasbesten-
dige laag – en dikwijls ook nog voorzien van fotochrome
diffusie en cilindrische correctie – beslist een precisietechno-
logisch hoogstandje is. Daar komt bij dat ieder brillenglas
weer anders is en vraagt om een intensieve kwaliteitscon-
trole. Voor het leveren van zo'n individueel aangepast preci-
sieproduct binnen een werkweek is een geoliede en wel-
doordachte organisatie nodig. Essilor bewijst dat zo'n orga-
nisatie zelfs wereldwijd kan functioneren.



Afbeelding 7. Optische controle



Afbeelding 8. Een modern gekleurd brillen-
glas ondergaat diverse oppervlaktebehande-
lingen. AR: anti-reflectie



Afbeelding 9 Een verdraaibaar plaatje met kwartskristallen voor
het bewaken van de dikte van een opgedampte laag.

Literatuur

Tekeningen, schema's en grafieken: Essilor; foto's: Frans
Zuurveen.

- [1] Essilor, Ophthalmic Optics File: Progressive Addition
Lenses.
- [2] B. Bourdoncle, Varilux Panamic, la démarche de con-
ception, Points de Vue 42, printemps 2000.
- [3] Essilor, Ophthalmic Optics File. Materials.
- [4] Essilor, Ophthalmic Optics File. Coatings.

Voor meer informatie:

Tjabel Klok
Marketing Services Essilor Nederland bv
Postbus 102
6900 AC Zevenaar
Tel./fax 0316-580611
www.essilor.nl
tklok@essilor.nl