



Kapitel 9

Tekniska landvinningar inom glasögon

Sammanställt av Sten Lutteman, leg optiker

Först publicerat på hemsidan 2008



HISTORIA

En fullständig beskrivning av utvecklingen, vad beträffar material och instrument, inom optikerbranschen i vårt land är nästan omöjlig att göra. Föreliggande redovisning gör således inte anspråk på att vara heltäckande utan vill beskriva de kanske viktigaste momenten i utvecklingen. Det känns angeläget att påminna om och hänvisa läsaren till ”Synverktyg från äldre tider” utgiven av Föreningen Stockholms Förenade Specialoptiker 1943. Författare till denna ”katalog omfattande synverktyg från tiden 1600-talets slut till 1900-talets början samt korta uppsatser om optikerhantverkets historia” är skriven av Optiker Otto Ahlström.

BÅGMATERIAL

Enligt nedskrivna vittnesbörder fanns glasögon i enkel form redan under 1200-talets slut. De utvecklades sedan parallellt i flera länder, i olika material och utseenden och det finns en del litteratur att tillgå för den intresserade. För svensk del finns en beskrivning av de tidigare glasögonens historia skriven optikern Otto Ahlström och nedan följer ett kortare utdrag ur denna bok.

De äldsta i Sverige kända bevarade glasögonen finns i Gustav II Adolfs konstkåp, som förvaras i Uppsala universitet. Skåpet förärades konungen av magistraten i Augsburg en 24 april, 1632. Det innehåller en kuriosasamling och bland de olika föremålen finns två par glasögon, ett par av förgyllt silver med antagligen gjutna glas – 6 dptr och ett annat par av läder med polyedrisk glas. Dessa glasögon är mycket väl bevarade, säkert beroende på att de aldrig varit i bruk. De torde vara tillverkade i Augsburg under 1620-talet.

På grund av materialets sprödhet äro gamla glasögon mycket sällsynta. De äldsta till vår tid bevarade torde finnas i den gamla borgen Wartburg i Tyskland. De har begagnats av Luthers vän den kände rådsherren i Nürnberg Willibald Pirkheimer (1470-1530). Infattningarna av läder likna ett av paren i Uppsala. De äro tämligen väl bibehållna men glasen äro mycket illa medfarna.

Glasögonen i Uppsala och på Wartburg äro vad typen beträffar s.k. bygelglasögon, därmed menas att glasfattningarna äro sammanhållna av en bygel. Föregångarna till nyssnämnda typ kallas nitglasögon. Dessa bestodo av tvenne enkla läsglas, d.v.s. förstoringsglas, infattade och försedda med korta skaft vilkas ytterändar nitades samman. Båda typer går under den allmänna benämningen näsglasögon.

På den äldsta i Sverige bevarade glasögonbilden i Torshälla kyrka avbildas patriarken Abraham läsande genom ett par nitglasögon. (se bild nedan)



*Abraham med nitglasögon, kalkmålning
i Torshälla kyrka från omkring 1450,
efter ett fotografi av dr Sigurd Wallin.*

Han håller fast glasögonen över näsan, antagligen därför, att niten icke längre sitter stadigt. Bilden ingår i en serie kalkmålningar över Jesu presumtiva förfäder som är utförd under 1450-talet av målaren Peter. Den äldsta kända glasögonbilden är dock ungefär 100 år äldre. Det är en frescomålning av Tommaso de Modena i kyrkan San Nicolo i Treviso nära Venedig och daterad år 1352. Bilden föreställer kardinal Hugo av Provence läsande med hjälp av ett par stora nitglasögon fastklämda på näsan. Bland de övriga i kyrkan avbildade prästerna finns även kardinal Nicolas av Rouen, som läser med hjälp av ett enkelt läsglas.

Egendomligt nog äro i kyrkan San Nicolo inga andra än dessa franska kardinaler avbildade med optiska glas. Tyder detta på att det enkla läsglasat eventuellt näsglasögonen först kommo i bruk i Frankrike? Detta kan vara möjligt eftersom ingenting är bekant om näsglasögonens uppfinnare eller platsen för den ursprungliga tillverkningen. I allmänhet betraktas dock Venedig såsom den plats där glasögonen uppfinnos. Med tanke på det goda venetianska glaset, som där stod den eventuella uppfinnaren till buds, är det ingalunda uteslutet.

Troligtvis uppfunnos nitglasögonen omkr. år 1275, de voro i bruk till omkr. år 1600. Bygelglasögonen, d.v.s. näsglasögon försedda med en böjd bygel mellan glasränderna, äro kända sedan 1400-talts början; de höllo sig i marknaden till omkr. år 1800.

Glasögonbågar i metall

Grundmaterialet i en metallglasögonbåge är en legering bestående av koppar, zink, nickel, tenn och mangan. Dessa metaller kan kombineras på olika sätt och på så sätt erhålles legeringar med olika egenskaper. På grund av att nickel kan vara allergent har mässinglegeringar, som exempelvis tombak, börjat användas.

Metallglasögonbågarnas grundmaterial täcks med överdrag antingen via galvanisering eller doublé.

Gulddoublé,

Gulddoublé, består av oädel undermetall, till exempel brons eller nysilver, och ett tunt guldsikt som nedlegeras till 12-14 karat. Låg karathalt ger hård yta men alltför låg karathalt oxiderar. I korthet är tillverkningsgången att ytorna ruggas upp och upphettas till 800°C varefter de pressas ihop. Materialet som erhålles utgör ett råämne för vidare bearbetning, oftast en tråd. Råämnet är då en rund stång med diametern 3cm. Det är viktigt att undermetall och guldsikt har samma uttänjningsgrad. Tråden kan dras till 1/150 del av sin tjocklek vilket motsvarar 0,2 mm. Tråden bockas maskinellt och löds ihop till en glasögonbåge för hand. Poleringen utförs mycket försiktigt, **roterande trissa får inte användas**. Gulddoublébeläggningar kan anges på två olika sätt. Efter viktförhållande, det vill säga antal gram finguld per kilo doublé. Detta kallas millieme eller 1/1000 dels. Vanligt för glasögonbågar är 50/1000. Det andra sättet att ange gulddoublébeläggningar är efter tjockleken på doublésiktet, som då anges i mikron. En mikron motsvarar en 1000-dels millimeter. Detta är en vanlig form av märkning på klockboetter.

Galvanisering

Vid galvanisering eller elektrolytisk ytbehandling förses ett metallföremål, till exempel en glasögonbåge, med ett tunt överdrag av annan metall. Överdraget kan bestå bland annat av nickel, silver eller guld. Dessa ytor kallas då förnicklade, för-silvrade respektive förgyllda. Om ett föremål ska förgyllas används ett galvaniskt bad bestående av en guldsaltlösning. Badet är uppvärmt till ca 50°C. I badet nedsänks dels metalliskt guld (som kopplas till en positiv pol) dels föremålet som ska förgyllas (som kopplas till en negativ pol). En

strömkrets uppstår. Av det metalliska guldets bildas metalljoner som vandrar till föremålet som skall förgyllas. Detta föremål får på så sätt ett skikt av guld på sin yta. Önskas galvanisering med ett annat metallöverdrag än guld är förfarandet i stort det samma. Ett undantag är förkromning då istället bly och kromsyra används.

Metallglasögonbågar med plastöverdrag

Bågen formas av ett basmaterial exempelvis tombak. För att glasögonbågen skall bli hållbar och tålig läggs en legering av koppar och nickel över basmaterialet. Efter noggrann rengöring och polering täcks bågen av ett tunt transparent plastlager. Bågen doppas ned i ett eller flera olika färgbäddar. Genom att doppa den i många olika färgbäddar går det att få fram många olika färger och nyanser. Om bara delar av bågen doppas i olika färgbäddar kan spräckliga varianter erhållas. Plasten är mycket hållbar och skyddar bågen mot korrosion. Plasten irriterar normalt inte huden. Allergier mot färgen som används är mycket ovanliga. Alkohol, rengöringsmedel och andra kemiska preparat angriper färgen i plasten. På guldglassögonbågar kan ett transparent plastlager läggas över guldlaget, som ett skydd mot korrosion och därmed bibehållen guldfärg. I och med plastlagrets skyddande effekt kan guldlaget göras mycket tunt och produktionspriset blir lägre. En båge av detta slag blir snarlik en gulddoublébåge.

Att tänka på vid reparation av metallglasögonbågar

Vid lödning av gulddoublé, används silver eller guldfärgat slaglod med låg smältpunkt. Gulddoublén bör skyddas mot oxidering och värme så gott det går. Vid polering av gulddoublé, är det lätt hänt att det tunna guldsiktet poleras bort. Var extra försiktig vid kanter och hörn. **Använd aldrig roterande trissa eller polermaskin.** Polerrött och polergarn eller polerstål rekommenderas.

Vid reparation av glasögonbågar med platinaöverdrag kan silverslaglod användas. Det är viktigt att lödning sker med stor försiktighet eftersom de olika metallerna i överdraget lätt blandar sig med varandra vid upphettning. Om detta sker får man en oönskad färgförändring. Materialet bör inte upphetas för mycket eller för länge. Reparationen måste ske snabbt. Trots försiktighet är det mycket svårt att undvika färgskiftningar i grått. Många tillverkare av glasögon med platinaöverdrag rekommenderar att lödningar skickas till dem.

Det är svårt att laga en metallbåge med kromöverdrag. Vid lödning blir ytan förstörd av värmen. Området runt sammanfogningen blir blåfärgad och ett nytt lager med krom bör appliceras.

Om en metallbåge med plastöverdrag går sönder i t.ex. randen eller skalken, avlägsnas plastöverdraget runtomkring brottet och bågen löds ihop. Efter

rengöring och polering kan det målas direkt på bågen med en speciell plastfärg. Om möjlighet finns att blanda olika färger och bågen lackeras, kan den till och med se orörd ut efter reparationen.

Lödning av titanbågar kräver en speciell apparatur och lödteknik. OBS! Vid all lagning av metallbågar, är det mycket viktigt att tala om för kunden, att det föreligger stor risk för färgförändringar och att överdrag såsom färg och lacker bränns bort. En lagad båge ser inte ut som en ny båge.

Glasögonbågar i naturmaterial

Innan konstgjorda material fanns tillgängliga, användes naturmaterial. Horn är ett av dessa. Det kan poleras och dessutom är det lätt att böja efter uppvärmning. Materialet fick man förr från nötkreatur, bufflar, antiloper etc. Djurben har använts som material till en specialvariant på solglasögon. Dessa användes av eskimåer för att motverka för starkt ljus i snölandskap. I sådana solglasögonen av ben tillåter två smala springor framför ögonen en begränsad mängd ljus att nå ögat.

Sköldpaddsskal är ett homogent och fint material som kan poleras och formas, därmed är det lämpligt som bågmateriel. Bortsett från att det i vissa fall krävs att sköldpaddsbågar ompoleras, har detta material en längre livslängd än många av dagens konstgjorda material.

Material från sköldpadda binder till eget material under uppvärmning och tryck. Två eller flera tunna plattor av materialet kan således bilda ett tjockare lager. Denna metod utnyttjas även vid reparationer. De sköldpaddsarter (karett- och soppsköldpaddan) som bidrog med sina skal till glasögonbågar är idag fridlysta. Bågar i detta material finns eventuellt att få tag på ännu i dag men är då mycket kostsamma. Ett naturmaterial som dock är ovanligt men aktuellt även i dag är trä. I en sådan båge limmas glasen fast. Bågarna kan framställas i ett stycke. Tyvärr kan de då inte justeras. Ett alternativ är att sätta dit scharner.

Glasögonbågar i konstgjorda material

Härdplaster

Härdplaster genomgår en irreversibel kemisk förändring under polymerisationen (se plastlinstillverkning) vilket leder till att de förlorar sin plastiska egenskap. De kan inte omformas efter uppvärmning då de blivit hårda

av kemisk härdning. Dessa plaster är mer värme- och slagtåliga än termoplaster.

Exempel på härdplaster

Fenolplast, har använts sedan omkring 1910. Mest känd är bakelit, som fått sitt namn efter sin upptäckare Bakeland. Exempel på produkter av bakelit är gamla elkontakter och toaletsitsar.

Melaminplaster, tål temperaturer upp till 115°. Plastserviser tillverkas företrädesvis av melaminplast. Används även till strömbrytare och laminat till exempel Perstorpsplattan.

Polyester, om denna kombineras med glasfibrer erhålles armerad plast, vilket är ett hårt och formbeständigt material.

Termoplaster

Termoplaster är liksom härdplaster formbara under något tillverkningsstadium och slutprodukten är i regel styv.

Termoplaster får sin styvhet genom avsvälning sedan de under bearbetningsprocessen befunnit sig i ett plastiskt tillstånd. I princip kan detaljer av termoplaster genom uppvärmning på nytt återföras till formbart tillstånd för att efter avsvälning behålla en ny formgivning.

Exempel på termoplaster

Polyeten används mest till plastpåsar (tunn film), och till emballage, plastbelagt papper, till exempel mjölkkartonger.

Polyvinylklorid (PVC) användas till hårda produkter såsom plasthinkar och rör. Genom tillsatser av mjukgörare bland annat till vattenslangar.

Polystyren är ett glasklart, hårt material som används bland annat till engångsartiklar. Kan också framställas som cellplast och skumplast, det vill säga förpackningsmaterial. Det innehåller mycket luft och har god isoleringsförmåga.

Polyamid, exempel på en mjuk produkt av detta material är nylontyg och en hård är kugghjul. Det kan användas till glasögon, framförallt solglasögon. Det är tåligt och har ett högt plastiskt "minne" och kan på grund av detta minne inte justeras.

Polykarbonat är motståndskraftigt mot slag. Används som skyddsglas. En speciell slipsten krävs vid formslipning av dessa glas.

Akrylplast är relativt hårt och används till exempel till skyltar.

Cellulosaplaster förekommer bland annat som glasögonbågar.

Cellulosaprodukter

I princip är alla cellulosaprodukter termoplaster.

Cellulosapropionat

Cellulosapropionat är cellulosa som behandlats med propionatsyra. Bågar av propionat gjuts i formar. Materialet kan göras mycket tunt. Fördelen med propionatbågar är att de är mycket lätta. De är även relativt töjbara och allergitestade. Vid uppvärmning krymper cellulosapropionat och ytan blir full. Därför bör glas i möjligaste mån kallmonteras. Bågar av detta material kan inte lagas med aceton. Istället används etylacetat (ättiksyreetylester). Materialet bör inte komma i kontakt med sådant som innehåller sprit och det går inte att polera. Rodenstock märker sina propionatbågar med symbolen "Pa" på den vänstra sadeln.

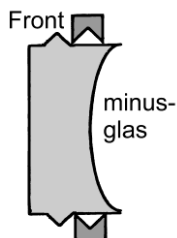
Optyl

Optyl är i princip en hårdplast som innehåller epoxiharts. Det är det första material, som framtagits specifikt för glasögonbågar. Bågarna gjuts. Front och skalm gjuts separat. Materialet i sig är matt och genomskinligt. Färg tillsätts genom att bågen doppas i ett färgbud och därefter lackas den. Optyl blir mjukt och formbart vid uppvärmning till 80°C. Materialet kan inte brännas vid justering eller montering av glas då det tål upp till 200°C. Enligt leverantörerna tål det under en kort tid upp till 350°C. Molekylerna i materialet "minns" sin ursprungsform. Vid rimlig uppvärmning återfår bågen därmed sin form. Detta kan leda till problem vid justering. Det bästa vore om bågen i varmt tillstånd kunde justeras på kunden men då detta kan leda till att kunden bränner sig bör istället önskad form bedömas och bågen punktvärms och justeras därefter. Fördelen med molekylernas minne är att formen blir beständig. Vid slipning av glas som skall monteras i en optylbåge, rekommenderas att glaset slipas 0,3 - 0,4 mm större än mallen, under förutsättning att mallen är lika stor som bågens skiva. Om originalmallar av rätt skivstorlek finns behöver man ej göra denna compensation. Bågen måste töjas lite för att motverka att glaset sitter löst. Vid montering skall bågen värmas upp så den blir riktigt mjuk. Går bågen sönder kan aceton inte användas utan bågen måste limmas. Tyvärr brukar en sådan lagning inte vara hållbar. Optyl är ett bra alternativ om kunden är allergisk mot acetatbågar. Symbolen "EP" i bågens skalm tyder på att den är av optyl. Ofta saknar optylbågar armering i skalten.

Superpolyamid, SPX

SPX är precis som nylon en polyamid. Det har dock inte nylonets plastiska "minne". Fördelen med SPX framför andra polyamider är att det inte absorberar luftens fuktighet. Materialet togs fram av Silhouette (Österrikisk

bågtillverkare) år 1982. Det påminner om proprionat. Vid uppvärmning kan materialet inte börja brinna men det kan krympa. Materialet är elastiskt och *glasen skall kallmonteras*. Slipa glasen lika stora som mallen. Då glasen kan läggas i bågen är de lagom stora för montering, se fig



SPX är lätt, starkt, formbeständigt och justerbart. Om bågen går sönder är det bättre att använda acetylacetat istället för acetat vid lagning. Av acetat blir materialet skrynkligt. Lagningen med acetylacetat blir dock inte särskilt snygg.

Carbonfiber

Carbonfiber är lättare än aluminium och starkare än stål. Materialet kan göras mycket tunt. Det är resistent mot värme. Fördelen med detta är att bågen behåller sin form. Nackdelen är att bågen inte kan justeras. Glasen skall kallmonteras. Det finns ofta en backskruv.

Det finns förutom ovan nämnda produkter två stora grupper av cellulosaprodukter, cellulosanitrat och celluloaacetat.

Cellulosanitrat

Cellulosanitrat kallas även celluloid. Celluloiden uppfanns av Alexander Parkers i Birmingham 1855. Det bygger på ett patent av Isiah Hyatt 1868. Celluloiden är ett så kallat termoplastiskt konstämne som har en hornliknande, seg beskaffenhet. Uppvärms det till +80-90°C blir det mjukt och kan lätt formas. Efter avkylning återfår materialet både kemiskt och fysikaliskt sin ursprungliga hårdhet. Detta är en av de många egenskaper som gjorde att materialet lämpade sig särskilt bra för bågar. Det är dock lättantändligt. En rökare kunde råka ut för att bågen brann upp. Uppvärmning måste ske försiktigt, och materialet åldras då det värms. *Idag tillverkas inte längre bågar av celluloid men de förekom på 1960- och 1970 talen.*

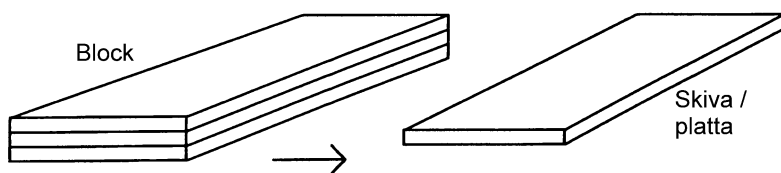
Tillverkning av celluloid

Grundmassan i celluloid är cellulosa som fås ur kortfibrig bomull (linters). Linters genomgår en nitrering genom att det värms upp i en blandning av

salpetersyra, svavelsyra och lite vatten. Anledningen till att vatten tillförs är att kvävehalten inte skall överstiga 11 %, då det nämligen finns risk för explosion. Vid 13% kvävehalt bildas bomullskrut. Den molekylära strukturen i cellulosan modifieras genom en reaktion med salpetersyra och nitratcellulosa erhålles. Svavelsyra assisterar reaktionen och binder upp det vatten som bildas. Genom ett flertal processer avlägsnas svavelsyra och vatten från nitratcellulosan.

Celluloid består av nitratcellulosa (70-75%) men även av kamfer (20-25%), sprit och färg. Kamfer tas syntetiskt ur terpentinolja och agerar som mjukgörare. Sprit gör att kamfer och nitratcellulosa blandar sig med varandra. Nitratcellulosa, kamfer och sprit knådas till en massa. Denna celluloidgröt filtreras och en eventuell färg tillsätts.

Massan valsas i omgångar på ånguppvärmda valsar. Spriten pressas då ut ur massan, som blir mer homogen och kompakt. Under tryck och värme pressas massan till celluloidblock. Blocken är 1,4 m långa, 60 cm breda, 25-30 cm tjocka och väger ca 200 kg. Beroende på önskad tjocklek skärs blocken i ett antal skivor.



Plattorna torkas i 60 dagar. Önskas fläckig celluloid pressas 3, 4 eller 5 olikfärgade celluloidplattor ihop under värme. Detta kan göras i flera omgångar.

Cellulosaacetat

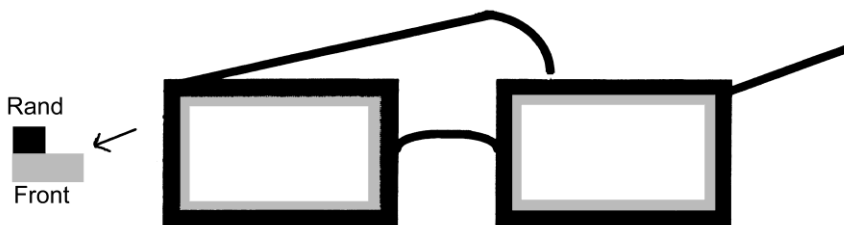
Cellulosaacetat kallas även bara acetat. Det är en vidareutveckling av celluloid. En fördel är att det inte är lättantändligt. *Numera är cellulosaacetat det vanligaste materialet vid tillverkning av glasögonbågar.* Det mjuknar vid ca 80° C och kan omformas, därmed är det lätt att justera. Det är transparent så länge som färgpigment inte är tillsatt och känns naturligt att bära mot huden. Om materialet går sönder uppstår inte splitter vilket reducerar skaderisken. Cellulosaacetat är tåligt, det knäcks inte lika lätt som metall. Det är självskinande men å andra sidan är de flesta bågar idag finisherade. Det är lätt att få fram snygga färger och mönster. Nackdelen med materialet är att det torkar ut med tiden. Titta efter små sprickor t.ex. över näsan innan uppvärmning. Finns dessa sprickor är det risk att bågen spricker då den värms. Materialet har en mängd små porer. Dessa porer kan absorbera hudsalter. En

båge som absorberat hudsalter kan i ultraljudsbad bli vitaktig. Den vita färgen beror på att hudsalterna kommer fram, men kan poleras bort.

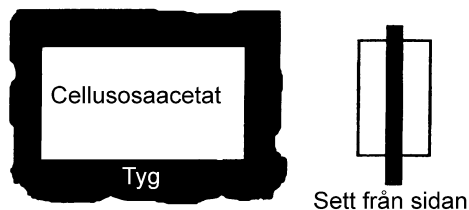
Tillverkning av cellulosaaacetat

I princip är tillverkningen av cellulosaaacetat den samma som den vid tillverkning av celluloid. En betydande skillnad är att nitreringen ersätts med acetylering. Fina bomullsfibrer löses i ättiksyraanhydrid med hjälp av lite svavelsyra eller zinkklorid och en sirapsliknande lösning erhålles (lösningen är mer flytande än celluloidgröten). Ytterligare en skillnad mellan tillverkning av celluloid och cellulosaaacetat är val av mjukgörare och lösningsmedel. En vanlig mjukgörare i cellulosaaacetat är ftalat-sammansättningar. Istället för sprit som används vid tillverkning av celluloid tillsätts aceton som lösningsmedel. Ett sätt att framställa plattor av cellulosaaacetat är att efter filtrering bilda så kallat granulat. Granulat är flingor av cellulosaaacetat. Flingorna värms och bland annat färg tillsätts. Materialet sprutas på metallbäddar. Plattorna framställs via värmebehandling och valsning. För att få fram flerfärgade plattor kan delar med olika färger smältas samman.

Ett exempel är en påsmält rand på bågens front, se fig.



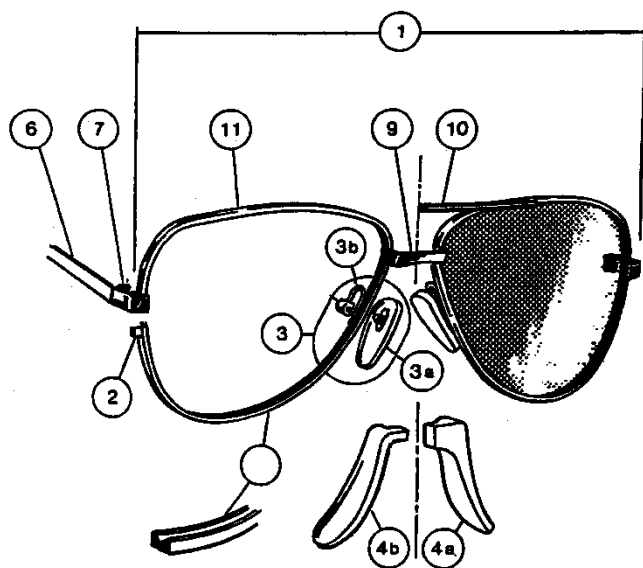
För att få olika färger på en och samma båge kan även tyg läggas mellan två plattor av materialet, se fig.



När en sådan båge justeras med värme bör det ske varsamt.

Glasögonbågars olika delar

Namn på olika delar



Engelska namn inom parentes.

1. front (front)
2. back (closing block)
3. sadel och sadelarm
- 3a. sadel (pad)
- 3b. sadelarm (pad arm)
- 4a. sadelbrygga (saddle bridge)
- 4b. nyckelhålsbrygga (keyhole bridge)
6. skalm (side)
7. scharner eller gångjärn (joint)
9. brygga (bridge)
10. dubbelbrygga (brace bar)
11. rand (rim)

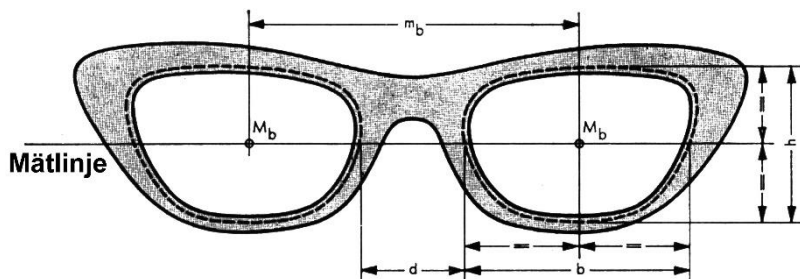
Glasögonbågars måttsättning

Hos olika människor varierar huvudbredd, näsbredd, ögonavstånd med mera. Många glasögonbågar finns därför i ett visst storlekssortiment för att de ska vara möjligt att välja den storlek som dels passar patientens huvud dels passar korrektionsglasets storlek och styrka. Det finns två olika system för storleksbeteckning.

Mätlinjesystemet

Mätlinjesystemet anknyter som namnet anger normgivningen till en mätlinje eller datumlinje (att ange data är att ange karaktäristika. I detta fall ett mått)

och denna är mittlinjen mellan de vågräta linjerna genom högsta och lägsta punkterna på skrivranden det vill säga den halverar skivhöjden. Längs denna mätlinje mäts bågens horisontella mått. Skivbredden är sträckan mellan denna linjes skärningar med skrivrandens temporala och nasala gräns. Lagg märke till att skrivrandens gräns går in i fattningens rand. Skivhöjden mäts lodrätt mot mätlinjen. Skivans mittpunkt ligger på mätlinjen och halverar dennas del inom skivan. Avståndet mellan mittpunkterna anger bågens storlek.

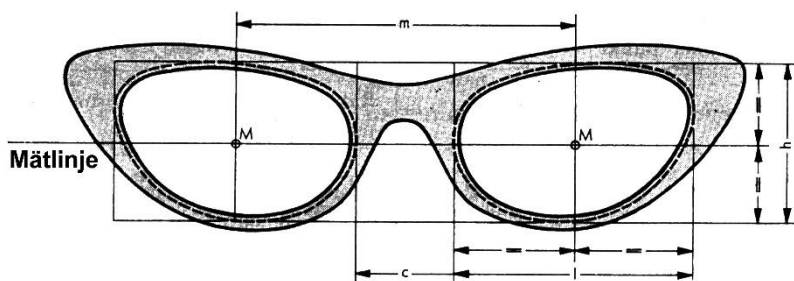


Beteckning	Begrepp	Förklaring
------------	---------	------------

Mätlinje	Räta linjen genom skrivornas mittpunkt	
b	Skivbredd	Avståndet mellan de punkter i vilka mätlinjen skär skrivranden
h	Skivhöjd	Avstånd mellan de vågräta tangenterna till skivans högsta och lägsta punkt
M_b	Formskivans vridpunkt	Skärningspunkt mellan mätlinjen och den lodräta linje som halverar skivbredden
m_b	Mittavstånd	Avståndet mellan skrivornas vridpunkter
d	Avstånd mellan skrivorna	Avståndet mellan skrivornas (glasens) ränder

Boxingsystemet

Boxingsystemet utmärker sig av att skivan är inskriven i en rektangel (box), och skärningspunkterna mellan denna rektangelns diagonaler kallas skivans mittpunkt. Skivbredden är lika med rektangelns bredd och skivhöjden är lika med rektangelns höjd. Den horisontella linjen genom mittpunkterna anger bågens storlek. Boxingsystemet har utvecklats och gäller även skalmars, näsbryggors och sadlars mått och vinklar och frontens kurvatur. USA och Tyskland har boxingsystemet som industrinorm. Det vore önskvärt att alla bågillverkare kunde hålla sig till ett system, vilket tyvärr inte är fallet idag.



Beteckning	Begrepp	Förklaring
------------	---------	------------

	Mittlinje	Räta linjen genom skivornas mittpunkt
l	Skivlängd	Avstånd mellan den omskrivna rektangelns lodräta sidor
h	Skivhöjd	Avstånd mellan den omskrivna rektangelns vågräta sidor
M	Geometrisk mittpunkt	Skärningspunkt mellan mittlinjen och den halverade mot den samma lodräta linjen
m	Bågens mått	Avstånd mellan formskivornas vridpunkter
c	Näsbryggans mått	Minsta avstånd mellan längdskivorna

Storleksmärkning

Bågar är märkta med CD (*centrum distance*) och avstånd mellan skivorna, tex. 52/18. Dessa mått kan antingen vara framtagna med mätlinjesystemet eller boxingsystemet. CD kan således vara avståndet mellan formskivans vridpunkter eller geometriska mittpunkter. Om ett snedstreck används hör måtten generellt till mätlinjesystemet och om en fyrkant används hör de generellt till boxingsystemet.

MINERALGLAS

De första glasögonen som tillverkades hade mineralglas av ganska dålig optisk kvalitet.

Sammanfattningsvis kan sägas om dessa tidiga glas;

Biglas fanns under lång tid men hade dålig avbildning. Användes dock långt in på 1960.talet för pincenéer och lorgnetter

Periskopiska glas hade en baskurva av 1,25 dptr och hade bättre avbildning än biglasen.

Meniskenglas hade en baskurva på 6,0 dptr och innebar ytterligare förbättring av avbildning och medgav större bågar

Punktuellt avbildande glas kom i början av 1900-talet och var ett resultat av samarbete mellan Allvar Gullstrand och von Rohr vid Zeissfabrikerna. Ungefär samtidigt lanserades liknande glas av andra tyska och franska tillverkare.

Den amerikanska marknaden kallade sina glas för att de hade "corrected curve" Glasönglas kan sedan beskrivas på olika sätt efter dess konstruktion och användningsområde.

Glasönglastillverkning

Kort historik

Konsten att framställa glas är mycket gammal. Man vet inte med säkerhet vilket ursprunget är, men uppfinningen anses vara gjord någonstans i mellersta östern. De första glaskärlen kommer från Egypten. Där har man funnit glasföremål, pärlor och linsformade föremål, som härstammar från flera tusen år f.Kr. Ett som däremot är säkert är att fenicierna uppfann glasblåsarpipan omkring Kristi födelse.

Som nämnts, har man hittat väldigt gamla linsformade föremål. Dessa har troligtvis inte använts som optiska hjälpmedel utan som utsmyckning. Den förste som beskriver teorier för förstorande hjälpmedel i form av glaslinser är greken Ptolemaios cirka 100 e.Kr. Men den första som beskriver användning av "lässtenar" är araben Alhazen ca:1000 e.Kr. Dessa var av bergskristall eller halvädalstenar. Det var plan-konvexa linser på cirka 10 dptr som lades över texten som skulle läsas.

Glasögonens tillkomst daterar man till omkring 1290. I skrifter daterade från början av 1300-talet nämns nämligen ofta glasögon. Det var framför allt italienska munkar, som använde dessa och de hade lärt sig att slipa linser plankonvexa och senare även bikonvexa. Glasmassan var ofta av dålig kvalitet med missfärgningar och bristande homogenitet.

Vi har hittills nämnt pluslinser som användes av framför allt ålderssynta (presbyopa) munkar eller översynta (hyperopa) sådana. De närsynta (myopa) fick vänta ända till början av 1500-talet innan de fick hjälp. Under 1500- och 1600-talen var framställningen av linser rent hantverksmässig, i stor skala bland annat i Tyskland och England. Engelsmännen höll en mycket hög hantverksmässig standard i förhållande till tyskarna.

År 1694 uppfann engelsmännen en maskinell och därmed en industriell form av yt slipning med mycket gott resultat. Här kan nämnas att kontinenten började använda denna metod först 150 år senare.

I början på 1600-talet beskrevs de första genomböjda glasen (meniskenglas). Dessa kom inte till någon större allmän användning. Först vid 1800-talets början kom ett något förändrat genomböjt glas (periskopiskt) som fick större genomslagskraft och som användes långt in på 1900-talet.

Det var först i början av 1800-talet som matematiker och vetenskapsmän började intressera sig mer ingående för det optiska systemet ”glas + öga”. Man tittade närmare på avbildningsfel hos ögat såväl som glasen. Detta resulterade bland annat i de redan nämnda genomböjda linserna samt korrektion av astigmatism och tillverkning av toriska linser mot slutet av 1800-talet.

I början av 1900-talet kom de genomböjda punktuellt avbildande glasen.

Några övriga milstolpar i glasönglashistorien.

Flerfokuslinser kom i mitten av 1700-talet. I slutet av 1800-talet tillverkades *flintglas* (glas med förhöjt brytningsindex). Under 1930-talet tillverkades linser i *plexiglasmaterial*. Vid mitten av 1950-talet kom de första ”riktiga” *plastlinserna*.

En motståndskraftig *antireflexbehandling* introducerades omkring 1950 och ungefär samtidigt kom de ytfärgade linserna. Omkring 1960 kom de *första progressiva linserna*.

Äldre linstyper

Här följer en kort förklaring till några av de linstyper som nämndes i historiken.

Biglas (latin bi=två) är ursprungligen symmetriskt konvexa eller konkava men kan även förekomma med icke symmetriska konvexa och konkava ytor.

a) symmetriska biglas

b) asymmetriskt biglas

Biglas har den nackdelen att de ger en dålig perifer avbildning, sämre ju större linsen är. Därför används de uteslutande i dag endast i provglaslådor, foroptrar och eventuellt i lornjetter där linsdiametern är liten.

Meniskenglas (grekiska meniskos = liten måne) är en genomböjd lins med en fast baskurva på 6,0 dptr dvs de positiva linserna har alltid en innerkurva på -

6,0 dptr och de negativa linserna har alltid en frontyta på +6,0 dptr oavsett total brytkraft.

Dessa linser gav en bra avbildning perifert, mycket bättre än biglasen, men de blev väldigt kupiga och försvann ganska snart från marknaden.

Periskopiska glas (grekiska peri = omkring, skopein = att se) kom därför till användning. Dessa var en kompromiss där man gav linserna en fast baskurva på 1,25 dptr istället.

Dessa hade en bättre avbildning än biglasen, dock inte lika bra som meniskenglasen. Även dessa försvann från marknaden för att ersättas av:

Punktueellt avbildande glas, där grundtanken var att en punkt alltid skulle avbildas som en punkt oavsett blickriktning genom linsen. Den forskning som bidrog till denna utveckling gjordes framför allt av svensken Gullstrand (Nobelpris 1911) i samarbete med Zeiss i Tyskland. Dessa linser hade ingen fast baskurva, utan baskurvan skiftade teoretiskt sett med varje glasstyrka.

Detta fungerade förutsatt att glasen monterades på 12 mm topppunktsavstånd och höjdanpassades så att linsens optiska axel och ögats vridpunkt låg i linje med varandra. Linserna fick inte heller vara för tjocka. Dessa glas fungerade bra under 40- och 50-talen när glasen och framför allt bågarna var små.

Men under 1960- och -70-talen när bågarna blev större, fungerade de dåligt. Dessutom började glastillverkarna, av kostnadsskäl, bunta ihop styrkor inom vissa dioptriområden och ge dem samma baskurva.

I dag används inte benämningen punktueellt avbildande glas utan man talar i stället om "*bästaform*"-linser. Genom denna linsdesign försöker man undvika de inskränkningar, som de punktueellt avbildande glasen hade, men ändå ta tillvara fördelarna, till en rimlig kostnad.

Mineralglasets beståndsdelar

Glas definieras som en transparent, oorganisk, amorf (icke-kristallinsk) smältprodukt, som i vanlig rumstemperatur är hård och spröd. Denna produkt har ingen bestämd smältpunkt utan blir vid uppvärmning mjukare, sedan trögflytande för att till slut bli alltmer lättflytande. Glas är alltså en produkt som har mycket hög viskositet och som stelnar utan att kristalliseras. Denna egenskap har gjort att glas är ett tacksamt material att arbeta med. Man kan välja den temperatur på smältan, som passar bäst för de olika bearbetningsmetoder som finns, såsom dragning, pressning eller blåsning.

Glas bildas genom en kemisk reaktion vid mycket hög temperatur (1000 - 1600° C), mellan huvudsakligen tre olika komponenter;

Glasbildare, Flussmedel och Stabilisator.

Glasbildaren utgör ca 70% av glasmassan, flussmedlet ca 10% och stabilisatorn ca 20%.

Vilka dessa komponenter är samt blandningen av dem är avgörande för glasets olika egenskaper. Det kan alltså ingå flera ämnen från varje delgrupp eftersom det ger olika egenskaper åt slutprodukten, ensamma eller i kombination med varandra.

I industriglas ingår naturligt förekommande ämnen, men i optiskt glas är råmaterialet syntetiskt framställt då man kräver en mycket hög renhet hos komponenterna.

Glasbildare

Den viktigaste glasbildaren är kiseldioxid (SiO_2). Kiseldioxid kan ensamt smältas till kvartsglas, men detta kräver en mycket hög temperatur. Ren kvarts är den kristallinska formen av kiseldioxid. Om detta uppvärms brister gittermönstret och materialet övergår till flytande form. Avkyls smältan återtar den inte sin kristallinska form utan kvartsglas erhålles. Glaset har mist kvartsens dubbelbrytande- och UV-blockerande förmåga.

Andra exempel på glasbildare är aluminiumoxid (Al_2O_3), boroxid (B_2O_3) och fosforoxid (P_2O_5).

Aluminiumoxid tillsätts i form av kaolin och fältspat och minskar glasets sprödhet. Boroxiden används i form av borax eller borkalk och gör att glasets värmeutvidgning minskar samt gör glaset mer motståndskraftigt mot vatten och syror. Fosforoxiden inverkar på glasets brytningsförmåga, som växer med tilltagande halt av fosforoxid. Dispersionen är dock oförändrad. Fosfor tillsätts oftast i form av bariumfosfat och natriumfosfat.

Flussmedel

Flussmedel tillsätts av två anledningar, dels för att göra smältan mer lättflytande dels för att sänka den höga smälttemperaturen något. Innehållet i de vanligaste flussmedelen är oxider med alkalimetaller (mjuka och kemiskt ytterst reaktionsbenägna metaller med låg smältpunkt) som till exempel natrium, kalium och litium. Till glassatsen tillsätts då soda (Na_2CO_3) natriumkarbonat eller pottaska (K_2CO_3) kaliumkarbonat. Smälter man ihop kiseldioxid och alkalioxid får man ett alkalisilikat, som kallas vattenglas och är lösligt i vatten. Det används vid slaggtillverkning och till lim och impregnering. För att få ett hårt och vattenbeständigt glas måste en stabilisator tillsättas.

Stabilisator

För att uppnå en tillfredsställande kemisk motståndskraft för glaset tillsätts till smältan oxider av till exempel magnesium kalcium, barium, zink, aluminium och bly. Blyoxid kan även tjänstgöra som flussmedel och magnesium- och bariumoxid gör smältan mer lättflytande. Kalciumoxid (osläckt kalk = CaO) gör glaset hårdare och ökar den kemiska motståndskraften. Blyoxid (PbO) ger ett tungt glas med högt brytningsindex och hög dispersion och tillförs glassatsen ofta i form av mönja (Pb_3O_4). Bariumoxid (BaO) bidrar till att öka brytningsindex utan att påverka dispersionen nämnvärt.

Mineralglastillverkning

Optiskt glas

Beroende på vilken typ av glas som skall framställas väljer man ut de ämnen som skall ingå, från varje komponentgrupp, samt i vilka proportioner. Dessa finmals och blandas i det man kallar mängen (torrblandade ämnen). Ämnena är, som tidigare nämnts, syntetiskt framställda för att vara fria från föroreningar, som annars kan påverka slutresultatet.

Mängden kan nu behandlas på i huvudsak två sätt: a) **individuella metoden** (används vid provsmältningar när nya glastyper skall framställas eller specialtillverkning av högkvalitativa optiska glas)

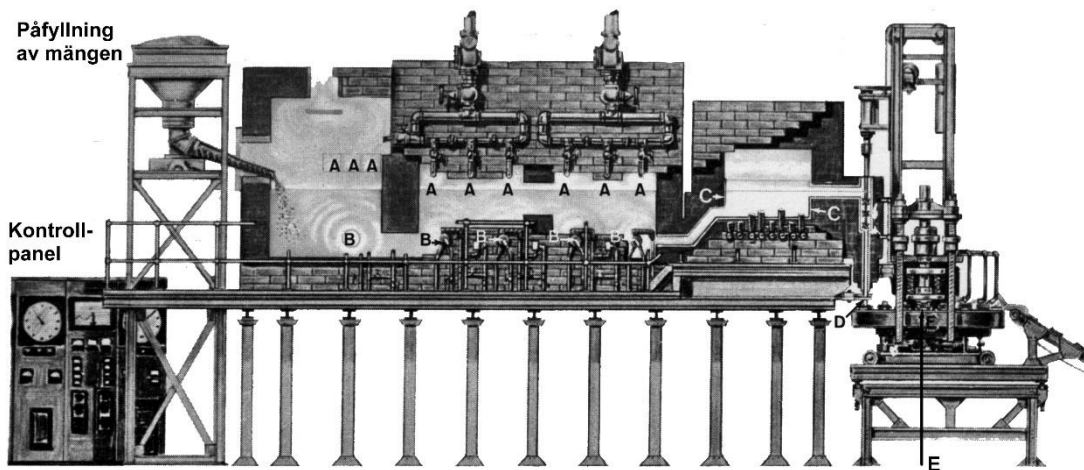
b) **kontinuerlig smältningsmetod** (används vid glasönglasmästning).

Individuella metoden

Mängden hålls i en lerdegel, som placeras in i en gaseldad ugn som håller cirka 1350°C . Med jämna mellanrum rörs smältan om med en vattenkyld lerstav, vilket gör smältan homogen. Mot slutet av smältningen höjs temperaturen ytterligare något 100-tal grader, den så kallade *luttringen*, så att smältan blir lättflytande och helt homogen. Vid luttringen frigörs gas och smältan bubblar likt kokande vatten. På grund av detta tillsätts arsenikoxid i slusket, som binder gasen, annars skulle det färdiga glaset innehålla blåsor.

Degeln tas ut och smältan hålls ut på en plan metallbädd där den valsas ut till önskad tjocklek. Därefter placeras smältan i en avsvalningsugn där temperaturen sänks under kontrollerade former.

Ur den stelnade glasskivan skärs sedan bitar ut till önskad storlek och form. Bitarna ytslipade enligt samma förfarande som de linser som kommer från den kontinuerliga smältningsprocessen (se avsnittet om ytslipning av optiskt glas).



Kontinuerlig smältningsmetod

Denna metod blev vanlig på 1960-talet på tack vare att den var energisnålare. Den ugn som används uppvärms genom gas och elektricitet och består i princip av fyra delar.

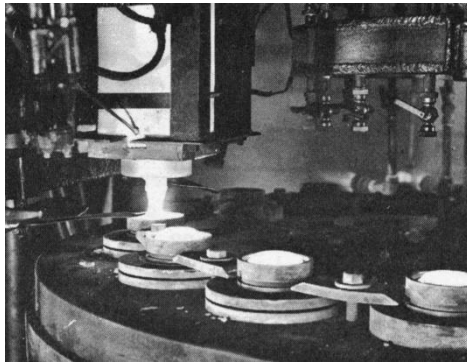
I den första delen sker grovsmältningen vid ca 1400° C. Här fylls mängden på med jämna mellanrum. Den här ugnen arbetar med en något högre temperatur som ökas för varje steg, därför att smältan lättare skall flyta igenom ugnens olika steg. Temperaturen är i varje steg noggrant kontrollerad och registreras i ett automatiskt kontrollsystem.

I den andra delen ökas alltså temperaturen och smältan blir fri från osmälta delar. I det tredje steget sker luttringen, det vill säga ytterligare temperaturhöjning och tillsats av arsenikoxid för att undvika gasbildning.

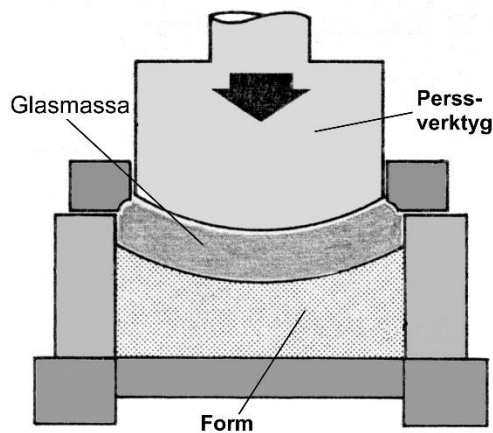
Slutligen, i den sista delen sker en homogenisering genom att kolvar i ugnens botten stöter upp i smältan och blandar den väl. Temperaturen är här som högst cirka 1600° C och ugnen är invändigt klädd med platina. Därefter rinner smältan ner genom ett rör där temperaturen långsamt sänks till dess att glasmassan blir trögflytande. När en förutbestämd mängd glasmassa har pressats fram ur den fria rörändan, klipps en glasdroppe av.

Glasdropparna faller ner i pressformar, som sitter efter varandra på en stor roterande skiva där gasmunstycken vid varje form bibehåller temperaturen, för att smältan skall flyta ut i formen.

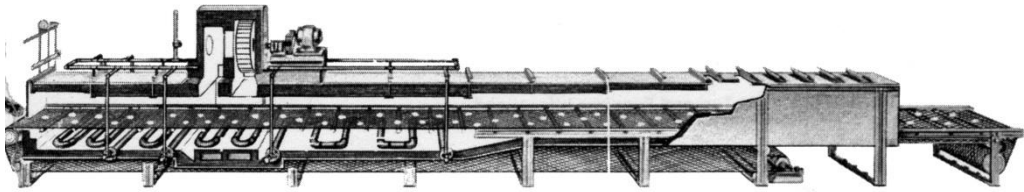
Glasdroppens storlek och kupigheten på formen avgör till vilka styrkor glaset skall användas.



Skivan roterar och när formen roterat ett 1/4 varv och smältan svalnat något, kommer den till ett pressverktyg som ger glasmassan en genomböjning. Glasmassan kyls sedan ytterligare för att kunna tas ur formen utan att genomböjningen påverkas.



Vi har nu fått det som kallas ett *rough blanks*, dvs ett råglasämne, som hamnar på ett transportband som löper in i en avkylningsugn.



Där sänks temperaturen på "blankset" långsamt under kontrollerade former till rumstemperatur. Under tillverkningens gång tas kontinuerliga prover, både på smältan, för att kontrollera homogenitet och brytningsindex, och på "blanksen" för att kontrollera färgspridning och spänningar. Därefter går "blankset" vidare till ytslipning.

Glasfel

Fel som kan uppstå i samband med råglastillverkningen, är följande:

Avglasning: Glaset innehåller partier som kristalliserats och förstört dess homogenitet. Dessa grumlingar orsakas av att glasets kylts ner alldeles för långsamt.

Sliror: Beror på ojämnt brytningsindex i glasets och syns som streck / ådringar. Orsaken är en ofullständig blandning av ämnena, det vill säga dålig homogenitet.

Spänningar: Om glasets vid något skede i tillverkningen utsatts för olika temperaturer i olika delar uppstår spänningar mellan de olika partierna.

Storleken på spänningen beror på hur stor temperaturskillnaden varit. Upptäcks i en spänningsprovare, där man ser skiftande mörka och ljusa partier.

Blåsor: Gasutveckling under smältprocessen, kan reduceras med tillsats av arsenikoxid samt salpeter.

Missfärgning: Smältan innehåller icke önskvärda ämnen. Beror vanligtvis på utfällningar ur ugnens väggar när den börjar bli för gammal. Till exempel ger järnoxid en blå till gulgrön färgton, kromoxid en grön, mangan- en violett, guld- en röd och koppar en blå färgton.

Glaspest: För lite kiselsyra eller för mycket soda och pottaska gör att glasets efter ett tag får sprickbildningar, blir klabbigt och ogenomskinligt, samt efter mycket lång tid sönderfaller.

Solarisation: Felaktig sammansmältning av ämnena kan resultera i att solljus missfärgar glasets.

De två sistnämnda är idag mycket ovanliga.

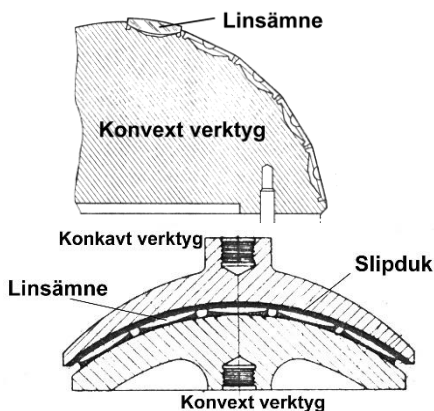
Ytslipning av optiska linser

Här kan man skilja på två tillvägagångssätt, först lagerglastillverkning, som är massframställning av de mest gångbara styrkorna och storlekarna. Många glas åt gången bearbetas.

Det andra är RX-slipning (Recipe eXtra), som är styckvis tillverkning.

Lagerglas tillverkning

Sfäriska glas görs på följande sätt. Frontytan bearbetas först i 3 olika steg. Men innan bearbetningen börjar fästes ”blanksen” (6-20st) på ett konvext verktyg, där radien på verktyget avgör vilken kupighet linsens frontyta får.



Verktygen placeras på en varm häll och i varje fördjupning där linserna skall placeras har man lagt en klick fästcement (en blandning av sigillack och beck) som mjuknar i värmen. Linsen trycks fast i detta. Verktyget med de fastkittade linserna får svalna.

Det första steget är sedan att generera linsernas frontyta, det vill säga grovt fräsa av den till önskad kupighet (baskurva). Detta sker med diamantverktyg i något som liknar en stor svarv.

Det andra steget är slipning av frontytan, som sker med ett konkavt verktyg med samma kupighet, som det konvexa på vars insida man satt en slipduk. Slipningen sker med riklig tillförsel av vatten.

Det sista steget är poleringen, som sker på samma sätt som slipningen men med den skillnaden att det konkava verktygets insida är belagd med en polerduk.

Mellan varje steg sker en visuell kontroll av ytan. Efter poleringen demonteras glasen och det sker en kontroll med en så kallad *optisk tolk*, där man studerar Newtons ringar (interferens i tunt skikt) och ser om kupigheten på ytan håller sig inom toleranserna.



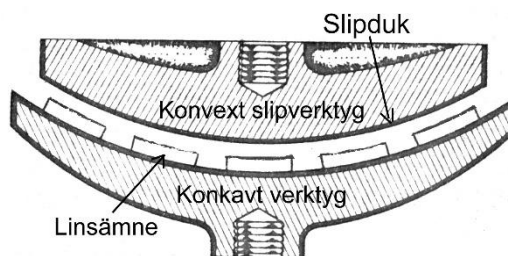
a) Newtons ringar i sfärisk lins,



b) ringar i torisk lins

Nu har man fått fram ett *semi-finished* blanks (frontytan färdig), där man antingen kan fortsätta med bearbetning av innerytan för att få ett lagerglas eller låta det utgöra material för RX-slipning.

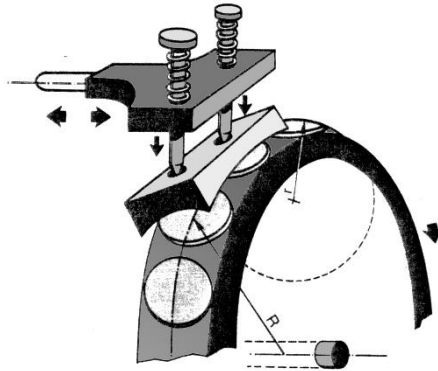
För lagerglas återstår nu innerytan, som genomgår samma tre steg men med den skillnaden att linserna nu är fästade i ett konkavt verktyg.



Bearbetning av bakre ytan, linserna fästsatta på konkavt verktyg

Linserna har nu fått sin slutgiltiga form och tjocklek.

Vid slipning av toriska ytor för lagerglas var det förr vanligast att dessa var yttertoriska (förekommer fortfarande hos några få tillverkare) men de flesta linser som görs idag är innertoriska linser. Dessa tillverkas som RX-glas.

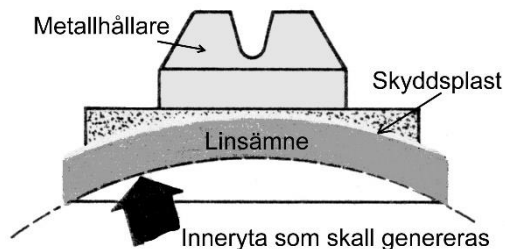


Äldre sätt att polera en torisk yta

RX-slipning

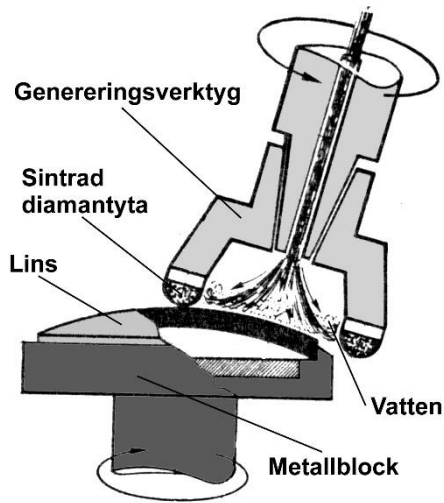
Utgångsämnets är som tidigare nämnts ett semifinished blanks där frontytan alltså är färdigslipad i en sfärisk kupighet (olika baskurvor för olika styrkegrupper).

När glasbeställningen kommer, matas den in i ordersystemet, där datorn väljer ut blanks och verktyg för att åstadkomma den beställda linsen. På den färdiga fronten läggs först en självhäftande skyddsplast. På den skyddade ytan gjuts en metallhållare fast. Detta kallas blockning.

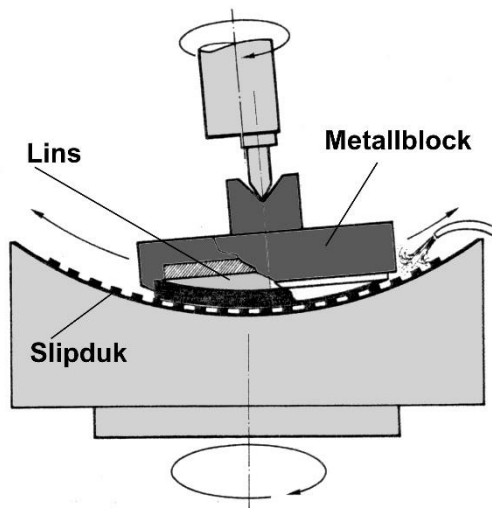


Här används en lättsmält metallegering som sedan återvinns. Den blockade linsen fästs upp i en linsgenerator, som styrs av dataprogram och innerkurvan fräses till önskad radie, med ett diamentverktyg.

Sedan återstår de två stegen, slipning och polering av varje enskild lins. Det hela avslutas med en noggrann ytkontroll.



Generering av frontyta vid Rx



Slipning av frontyta vid Rx

Kvalitetskontroll

Som tidigare nämnts utförs kvalitetskontroller under många steg i produktionen.

Glasmassans sammansättning kontrolleras med stickprov för att kontrollera blandning och optiska egenskaper bland annat genom spektroskopi. Färdiga

rough blanks, semi-finished blanks, lagerglas samt RX-glas kontrolleras visuellt med lupp och med jämna mellanrum även med optisk tolk.

Dessa kontroller innebär att det är mycket ovanligt med fel. Vanligast är slipfel i lager eller RX-produktion, det vill säga att styrkan inte är helt korrekt. Även repor och dammpartiklar förekommer, vilka blir synliga efter ytbehandling.

Tillverkningsnormer finns hos alla leverantörer och följer respektive lands standard. För tex USA innebär det ANSI, för England BSI, för Tyskland DIN, för Frankrike AFNOR och för Sverige SIS.

Alla länder kommer inom överskådlig tid att behöva anpassa sig till en ny norm, som utarbetats gemensamt och kallas CEN.

Mineralglasets egenskaper

Glas är inte något kemiskt grundämne eller någon kemisk förening utan en blandning av olika oxider. Därför kan glasegenskaperna ändras i hög grad beroende på sammansättning och siffrorna kommer på grund av detta i det följande att bli ungefärliga.

Densitet: Definieras som ett obestämt tal som anger förhållandet mellan vikten av en viss volym av ämnet och en lika stor volym av vatten vid + 4,0° C. Det innebär att förtätning av oxiderna i en glasmassa ökar densiteten, till exempel ju högre blyhalt i glaset desto högre densitet.

	Densitet enhet: kg/m ³
Kronglas	ca 2,5
Bariumglas (närdelessegment)	3,14 - 3,6
Flintglas	3,23 - 5,14
Titanglas	2,99

Mekanisk hållfasthet: Drag-, böj-, slag- och täjningshållfastheten hos glas är låg, men tryckhållfastheten är hög. Den mekaniska hållfastheten kan ökas genom härdning. Detta görs genom upphettning eller på kemisk väg.

Hårdhet: Glas är ett hårt material, som bara kan bearbetas med ännu hårdare ämnen till exempel diamant vid skärning och slipning. Hårdheten beror på sammansättningen. Kalk och borsyra ökar hårdheten medan bly minskar den.

Värmeutvidgning: En viktig faktor att ta hänsyn till när olika glas skall smältas samman, som tex. vid insmältning av närdelessegmentet på ett bifokalglas. För att en hållbar sammansmältning ska uppnås måste värmeutvidgningskoefficienten vara likartad hos de delar som skall sammanfogas.

Seghet: Den är liten i normal rumstemperatur och glaset är fast och sprött. Glaset mjuknar vid 500 - 700° C.

Kemiska egenskaper: Glasets motståndskraft mot kemisk påverkan är i allmänhet god. Det påverkas inte heller nämnvärt av luft och fukt. Följande kan påverka glasytan efter lång tid; fluorvätesyra, fosforsyra och deras derivat samt alkaliska baser liksom kaustiksoda och kaliumkarbonat. Hett vatten under lång tid kan mätta ytan och luft, speciellt het, fuktig och avgasrik sådan, kan missfärga ytan.

Optiska egenskaper:

Brytningsindex (n): Definieras som materialets förmåga att bromsa ljusets hastighet av en viss våglängd. Olika våglängder har alltså olika brytningsindex i samma ämne.

Medelbrytningsindex (vanligen det index, som glasgrossisterna brukar ange för sina glas) väljs för en våglängd nära ögats känslighetsmaximum(555 nm).

Idag är det spektrumets gröna Hg-linje man väljer (546 nm) = Fraunhofers E-linje (Fraunhofers linjer är svarta band, som finns mellan färgerna i ett spektrum av ljus från solen, så kallade "absorptionsspektra". A-linjen finns i spektrets röda del och H-linjen i den violetta delen). Förr användes den gula Na-linjen (589 nm) = Fraunhofers D-linje eller den gula Heliumlinjen (587 nm) = Fraunhofers d-linje, vilka båda två ligger vid sidan av ögats känslighetsmaximum.

Index för några optiska material:

Diamant	2,4173
Vatten	1,3334
Plastlinser	1,46 - 1,7
Mineralglas	1,46 - 1,95
Kronglas	1,523
Högindexlinser	1,7 -

Dispersion: Definieras som det vita ljusets uppdelning i spektralfärger efter refraktion (brytning), det vill säga färgspridning. Det kan också uttryckas som skillnad i brytningsindex mellan våglängder. Här förekommer olika sätt att räkna ut värdet.

Värdet anges vanligen som *relativa dispersionen*, det vill säga Abbes konstant eller nyvärdet (= V).

$$V = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$$

Det är i nämnaren tolkningen skiljer, $n_F - n_C$ kallas *normal dispersion*, som alltså är skillnaden i index mellan en linje i övre delen av spektrat och en i nedre delen.

De flesta använder den blå H (väte)-linjen (486 nm) Fraunhofers F-linje och den röda linjen (656 nm) Fraunhofers C-linje.

Några andra tillverkare (bland annat Zeiss) använder den blå Kadmiumlinjen (480 nm) Fraunhofers F-linje och den röda linjen (644 nm) Fraunhofers C-linje, alltså $n_F - n_C$. Om vi beräknar Abbes konstant, vilket de flesta gör, och tittar på kronglas i förhållande till flintglas får vi följande indexvärden:

Linje	Kronglas	Flintglas
n_D	1,515	1,752
n_F	1,521	1,772
n_C	1,513	1,743

$$V = \frac{1,515 - 1}{1,521 - 1,513} \quad V = \frac{1,752 - 1}{1,772 - 1,743}$$

$$V = 64,37$$

$$V = 25,93$$

Ju högre värde vi har på Abbes konstant (V) desto lägre är dispersionen (färgspridningen)

Vidare kan man även ange den *partiella dispersionen*, som är skillnaden mellan vissa utvalda färgers brytningsindex.

Transmission: Definieras som skillnaden mellan ljusinfall mot linsen och ljus som lämnar linsen. Vanligen anges genomsläppet i procent av infallande ljus. Ljusförlusten i glasmaterialet beror på absorption till följd av ljusspridning samt energiförlust (utsläckning). Transmissionen i glas är mycket god för våglängden mellan 450 och 1000nm, drygt 98%. Ett högt index tenderar ibland att absorbera även blått ljus. Viktigt är också att känna till om reflektionsförlusten har tagits med i beräkningen samt tjockleken på glaset.

Vanligt ofärgat kronglas har en transmission på cirka 90 - 92% med reflektionen inräknad.

Transmissionen i kronglas, med 10 mm:s tjocklek, för olika våglängder (reflektionen ej inräknad):

nm	396	415	425	500
%	98,6	98,5	99,3	99,3

Ljus under 300 nm och över 3500 nm absorberas.

Reflektion: Definitionen är (i detta sammanhang), den ljusförlust som uppstår vid brytning. Detta gäller både front- och bakytan. Reflektionen ökar med stigande brytningsindex och stigande infallsvinkel. Ljusinfall vinkelrätt mot ytan kan beräknas på följande sätt:

$$E = I \left[\frac{n' - n}{n' + n} \right]^2$$

För varje yta:

$$E = \text{reflektionen i \%}, I = 100 \text{ (konstant 100\% infallande ljus)}$$

Detta ger en ungefärlig ljusförlust, i kronglas med 4% per yta och hos flintglas nästan det dubbla.

Vid snett ljusinfall blir formeln något mer komplicerad, men ser ut enligt följande:

$$E = \frac{I}{2} \left[\frac{\sin^2(i-b)}{\sin^2(i+b)} + \frac{\tan^2(i-b)}{\tan^2(i+b)} \right]$$

För varje yta:

Vid uträkning av ljusförlusten för kronglas (enligt formeln ovan), kan man konstatera att den fyraprocentiga ljusförlusten per yta håller sig ganska konstant upp till 30° infallsvinkel för att sedan öka ganska markant. Vid exempelvis 60° är ljusförlusten nästan uppe i 9 % per yta.

Olika glastypers egenskaper

Kronglas

De allra flesta glasögonlinser är gjorda av kronglas. Ordet kronglas kommer från det gamla tillverkningssättet då glasen framställdes genom blåsning. Glaset såg ut som en krona när glasblåsaren svängde sin glasblåsarpipa med den heta gyllene glasmassan över huvudet. Kronglas består till övervägande del av kiseldioxid med lite kalciumoxid, bariumoxid, kaliumoxid och natriumoxid. Abbetalet ligger vanligen över 55 och brytningsindex runt 1,524. För att förändra kronglasets egenskaper tillsätts olika oxider. Boroxid och zinkoxid ger ett lägre index och en lägre dispersion. Tillsätts mer bariumoxid ökar index men densiteten ökar samtidigt. För att förändra transmissionen för det kortvågiga ljuset byter man ut en del av kiseldioxiden mot fosfor eller fluor.

Flintglas

Genom att tillsätta blyoxid till glassmältan erhålles ett glas där brytningsindex stiger drastiskt. Den ursprungliga anledningen till att tillsätta blyoxid var för att få en mer lättsmält blandning. Indexökningen var egentligen en bieffekt. Glaset kallas flintglas därför att kiseldioxiden till denna smälta förr tillsattes i form av pulveriserad flinta. Ju mer blyoxid (45 - 65%) som tillsätts desto högre index, densitet och dispersion.

Flintglasets spektrum blir inte likformigt med kronglasets, den röda delen blir kortare och den blå delen blir längre. Genom att ersätta en del av blyet med till exempel barium, bor eller zink kan dispersionen, även den partiella, kontrolleras.

För att ytterligare öka brytningsindex i både flint- och kronglas tillsätts titaniumoxid. Hos flintglas ger det ett glas med betydligt lägre densitet än hos ett glas med blyoxid. En annan tillsats till både flint- och kronglas är oxid av en sällsynt jordartsmetall som heter lantanum. Denna metall gör att man kan få ett mycket tunt glas med en acceptabel dispersion.

Bariumglas

Genom tillsats av bariumoxid i stället för blyoxid till smältan erhålles ett glas med högre brytningsindex än kronglas men med lägre dispersion än hos flintglasets. Ökad andel av bariumoxid (25 - 40%) ger ett högre index. Bariumglasets densitet är ungefär lika som flintglasets, det vill säga högre än för kronglasets.

Övriga ingredienser i bariumglasets är små mängder oxid av zink, bor, aluminium, kalium och antimon.

Bariumglas används främst till närdelssegment i multifokala linser

Organiska linser / plastlinser

Kort historik

Så fort de första plastmaterialen uppfanns på 1800-talet (se bågmaterial celluloid), dök också tankar upp om att kunna använda det till linser. Men dessa biprodukter från bomullsindustrin och senare från kolindustrin höll inte måttet (de var för instabila). På 1930-talet när petroleumindustrin började blomstra, fick den optiska industrin vad den väntat på. År 1937 kom metylmetakrylat mera känt som Plexiglas (eller Perspex), att börja användas till linser. Det visade sig dock att det var för repkänsligt samt tålde värme dåligt.

I början av 1940-talet uppfann kemister vid The Columbia Southern Chemical Corporation i USA en produkt som fick benämningen CR39, Columbia Resin stod för namnet på plastmaterialet och 39 var produktnumret. Det dröjde dock innan man tänkte på detta material specifikt för linser. Det var först när några franska specialister besökte företaget 1954, som tanken dök upp och 1956 introducerades linsen. Under senare år har plastlinser med högre index kommit ut på marknaden. Dessutom görs, om än i liten skala, en del polykarbonatlinser.

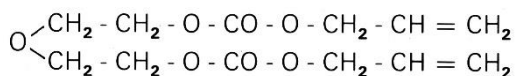
Plastlinsernas beståndsdelar

Först ska här nämnas att plaster i dag delas in i två huvudgrupper:

Termoplaster (polyeten, PVC, nylon) som kännetecknas av att de ingående molekylerna är bundna i ett tvådimensionellt mönster, som gör att materialet mjuknar vid uppvärmning och sedan stelnar igen vid avkylning.

Hårdplaster (bakelit, polyester, plexiglas) har molekylobindningar i ett tredimensionellt mönster vilket förhindrar formförändring vid värme (vid mycket höga temperaturer faller det dock sönder i bitar). Till gruppen hårdplaster hör CR 39 samt de, på senare år, framtagna plasterna med högre index.

Beståndsdelarna är kolväteföreningar, sammanbundna med syre, utvunnet ur petroleumderivat från polyestergruppen.



CR39 kemisk formel

Det kemiska namnet på CR 39 är polydietylen-glykol-dialyl-bikarbonat, som är en, på ett komplicerat sätt framtagen så kallad monomer, där man även har tillsatt en UV-blockare. Monomeren har formen av en klar, trögflytande vätska liknande glycerinolja. Den förblir flytande i kylt tillstånd och förvaras därför i stora tankar (dock kan den stelna i rumstemperatur efter flera månader).

Mellan- och högindexlinserna har i stort sett samma innehåll som CR39. Man kan höja index på två sätt:

a) genom att tillsätta aromatiska substanser till monomeren.

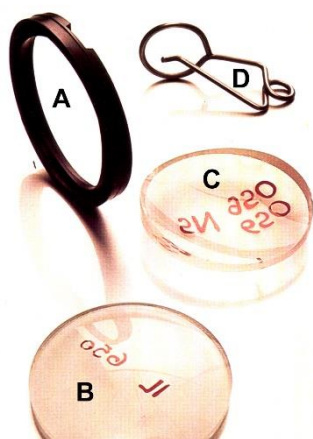
b) genom att tillsätta halogener (av till exempel bromid och klor eller svavel).

Polykarbonatlinserna är gjorda av plast från termoplastgruppen. Polykarbonat uppfanns redan i mitten av 1950-talet men har börjat användas som linsmaterial först på senare år. Det är en linjär polymer med en amorf struktur, som består av molekyلكedjor innehållande karbonatradikaler och fenol.

Plastlinstillverkning

Helt färdiga linser kan antingen tillverkas som sfäriska och toriska eller semifinished blanks med färdig frontyta.

Plastlinserna gjuts och till detta behövs en gjutform, en så kallad "mould", bestående av två stycken mineralglas med helt perfekta ytor, (bara den ena för frontytan när det gäller semifinished blanks) en distansring i gummi och en metallklämma. Glasen och distansringen är olika beroende på vilka styrkor den färdiga linsen ska ha.



Delarna till gjutformen (mould)

A. Distansring

B. Glas för frontyta

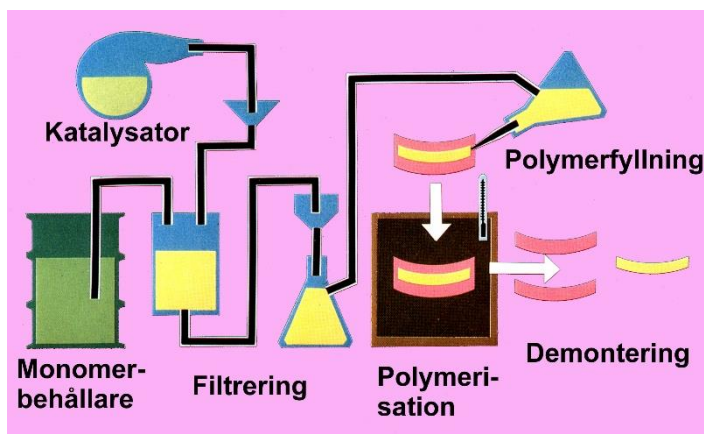
C. Glas för bakre yta

D. Klämma

Monomeren blandas nu med en exakt mängd katalysator (underlättar härdningen) och blandningen (nu kallad polymer) filtreras för att avlägsna luft och eventuella föroreningar. I den nu hopmonterade gjutformen fylls polymeren i mellanrummet mellan glasytorna.



Gjutformen fylls med polymeren



Schematisk bild över huvudstegen i plastlinstillverkningen (CR39)

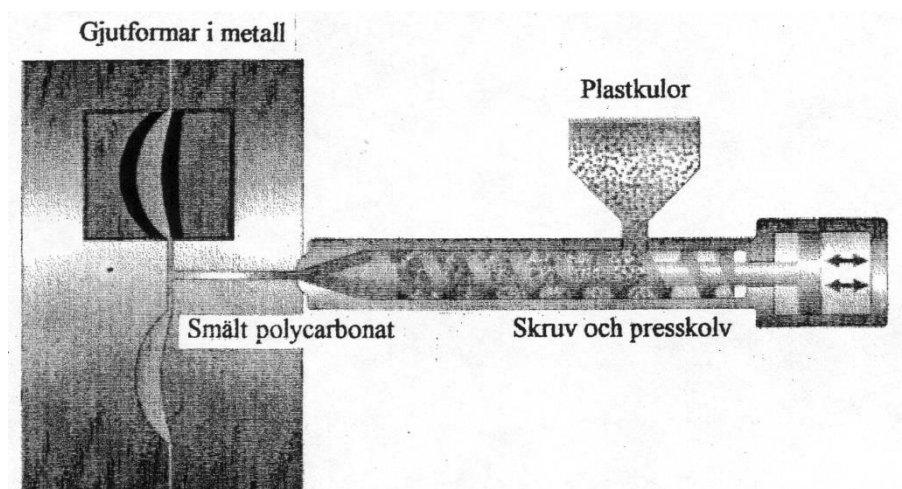
Sedan sker polymerisationen (härdningen) antingen i varmt vatten eller i ugn där moulden utsätts för en noga avvägd temperaturcykel (först stigande sedan sjunkande temp) under 16-24 timmar. Under härdningen krymper polymeren ca 14 %. Det innebär att gummiringen måste vara av ett mycket speciellt slag så att den mjuknar i värmen och klämman kan trycka ihop glasytorna. Denna krympning är med i beräkningarna av glasets slutliga brytkraft. Sedan återstår endast demontering av gjutformen (gummiringen smälts ner och återanvänds), och en kontrollerad avsvälning av plastlinsen, för att motverka spänningar, samt slutkontroll.

Semifinished blanks för RX-slipning, görs på samma sätt men bakre ytan är grövre och linsens tjocklek är större. Den bakre ytan behandlas sedan på exakt

samma sätt som mineralglaset, det vill säga generering, slipning och polering. Mellan- och högindexlinserna tillverkas på exakt samma sätt.

Polykarbonatlinser

Polykarbonatlinserna görs genom att man först smälter transparenta termoplastkuler genom upphettning till ca 300°. Den heta plastmassan fylls i en metallcylinder i vilken det finns en skruv likt en gammaldags köttkvarn, som fungerar som en kolv. Med denna pressas massan in i heta gjutformar av glas eller metall genom en mängd kanaler. Sedan återstår avsvälning och demontering. För att sedan formslipa linsen ute hos optikern krävs än så länge en speciell typ av slipmaskin, vilket är en nackdel.



Schematisk bild över tillverkningen av polykarbonatlinser

Kvalitetskontroll och glasfel

Kontroll sker under hela tillverkningsprocessen, dels genom spektralanalys av monomeren och av den färdiga linsen dels noggrann visuell inspektion i olika belysningar. Fel är mycket ovanliga i detta skede men kan dock före-komma, till exempel ofullständig polymerisation som ger ett något disigt parti i linsen eller kvarvarande luftblåsor. Något vanligare är kvarstående slip- och polerrepor på svarvade RX-ytor.

Organiska linsens egenskaper

Densitet

CR 39 1,32

mellanindex	1,23
högindex	1,36
polykarbonat	1,20

Mekanisk hållfasthet

Drag-, böj- och tånjningshållfastheten är tämligen låg men något bättre än hos mineralglaset. Tryckhållfastheten är hög men sämre än hos mineralglaset. Däremot är slaghållfastheten vida överlägsen mineralglaset, framför allt hos polykarbonatlinsen.

Hårdhet

Platslinsen är mjukare än minerallinsen och därmed mycket repkänsligare. Mellanindex- och högindexplasten är ännu mjukare än CR 39, varför dessa bör hårdhetsbehandlas.

Värmeutvidgning

Platslinsen utvidgar sig något mer än minerallinsen.

Segheten

Plastlinsen är segare än minerallinsen i rumstemperatur. Segheten ökar inte speciellt mycket hos plastlinsen vid uppvärmning, vilket är fallet hos minerallinsen.

Kemiska egenskaper

CR 39 motstår alla kemiska lösningar men påverkas av svavelsyra i en koncentration av 98%. Materialet förlorar 9,4 % av vikten efter 7 dygn i denna syra. Koncentrerad salpetersyra löser upp materialet efter 7 dagar.

Optiska egenskaper

Brytningsindex

CR 39	1,498
mellanindex	1,561
högindex	1,599 - 1,610
polykarbonat	1,591

<i>Dispersion</i>	Abbetal
CR39	57,8
mellanindex	37
högindex	36

Transmission

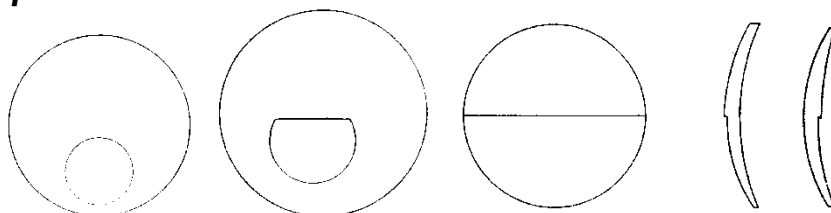
CR 39	92% (reflektionen inräknad)
mellanindex	91,5 %
med ytbehandling	99,6 %
högindex	90,6 %
med ytbehandling	99,6 %

Reflektion:

Strax under 4 % per yta för CR 39 och något mer för de övriga två.

Glasönglas kan sedan beskrivas på olika sätt efter dess konstruktion, oavsett material, och användningsområde.

Multifokala linser



*Executivelinser
eller s.k. Franklin*

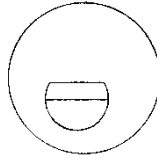
Bifokala

Bifokala linser, fig ovan, är linser där en del är avsedd för avståndsseende och en del för närseende. För att åstadkomma detta måste brytkraften förändras i olika delar av linsen. När det gäller förändringar av brytkraften hos en lins över huvudtaget har man tre faktorer att laborera med, *ytornas radier* (linsens kupighet), *brytningsindex* samt *tjockleken* (avståndet mellan ytorna).

I bifokallinser kombinerar man två av de tre faktorerna. Antingen har man olika radier och tjocklek i avståndsdelen i förhållande till närdelen eller så har man olika brytningsindex och tjocklek i de olika delarna.

Trifokala

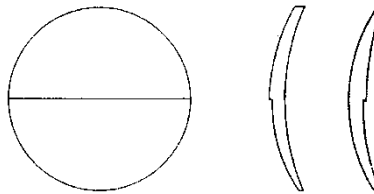
Trifokallinserna har precis som bifokallinserna en avstånds- och en närdel. Dessutom har man mellan dessa en del för mellanavstånd. I övrigt jämför ovan.



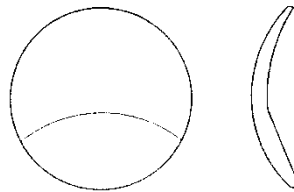
Tillverkning av bifokala minerallinser

Enindex.

Utgångsmaterialet vid tillverkningen av enindex bifokaler är ett vanligt blanks i kronglas men det kan även förekomma i högre index eller vara fototropt. På linsens in- eller utsida genereras en yta med två olika radier. Det kan göras med en kraftigt markerad gränslinje i form av ett trappsteg som hos executive-linserna fig. och nedan



eller med en obetydligt markerad gränslinje som hos dufosinlinsen fig. nedan



Hos dufosinlinsen görs detta på insidan. Efter genereringen följer slipning och polering av ytan på vanligt sätt. Den yta som inte bearbetats tidigare, genereras, slipas och poleras för att ge rätt total brytkraft som kunden behöver för sitt avstånds- respektive närseende.

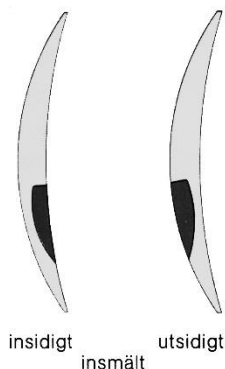
Ingen av dessa typer förekommer längre på marknaden i någon större utsträckning. Executive därför att det sliptekniskt är svårt att förskjuta avstånds- och närcentrumet i förhållande till varandra och att det lätt slås flisor ur trappstegskanten. Dufosin kräver en mycket speciell slipteknik, som är dyr.

Även här är det problem med förskjutningarna mellan avstånds- och närcentrumet.

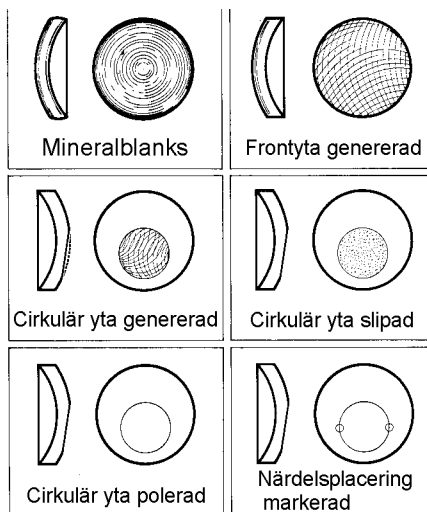
Tvåindex

Grundlinstillverkning

Även här är utgångsmaterialet ett mineralblanks, vanligtvis i kronglas (förekommer även i högre index) eller fototropt. Närdelen kan placeras på utsidan eller insidan genom olika tekniker (fig. nedan).



När det gäller utvändigt placerad närdel genereras först grundlinsens frontyta, därefter kommer en cirkelformad del av frontytan att genereras plan eller något konkav (se fig. nedan)



Närdelssegmentets tillverkning (kallad button = knapp).

Knappen består av två delar (fig. nedan), en överdel av kronglas och en nederdel bestående av ett glas med högre index, vanligen bariumglas.

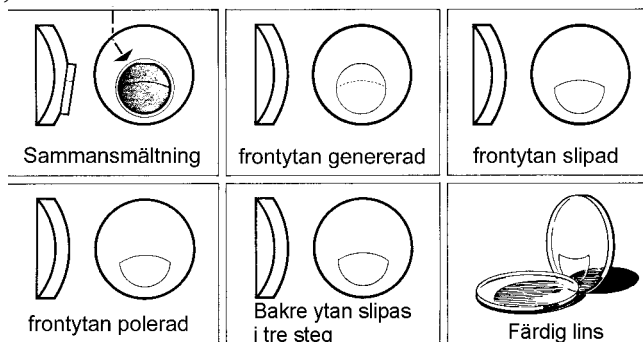


Denna är gjord i den storlek och form man vill att segmentet skall ha i färdigt skick. Vid val av glassorter måste man ta stor hänsyn till värmeutvidgningskoefficienten, för att delarna inte ska släppa från varandra vid höga resp. låga temperaturer. Kontaktytan mellan de två delarna genereras, slipas och poleras till önskad form, allt efter linstyp. De två delarna värms upp och pressas samman så att närdelssegmentet blir cirkelformat.

Nu genereras, slipas och poleras närdelssegmentets ena yta så att den är plan eller något konvex för att stämma med grundlinsens bearbetade yta.

Grundlins och närdelssegment.

Närdelssegmentet placeras på grundlinsens bearbetade cirkelyta och delarna värms upp och pressas samman (fig. nedan). Nu genereras segmentets överskott bort och sedan slipas och poleras hela frontytan på linsen. Frontytans kupighet samt tjockleken på närdelssegmentet avgör vilken addition, det vill säga vilket brykraftstillskott, som närdelen kommer att få.

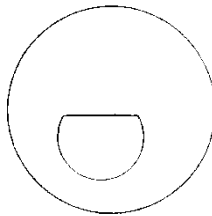


Vi har nu fått ett semi-finished bifokalblanks där sedan bakre ytan kommer att bearbetas i de vanliga tre stegen för att få den rätta styrkan, som varje enskild person behöver.

När det gäller placering av närdelssegmentet på insidan, gör man på något annorlunda sätt. Man gör grundlinsens insida enligt tidigare men det är mer komplicerat när man skall bearbeta den cirkulära och endast konkava del där närdelssegmentet skall placeras. När sedan grundlins och segment pressas samman, värms endast grundlinsen upp till mjukningstemperatur och segmentet är kallt. Därefter kyls de pressade delarna samman under kontrollerade former. Denna lins är dyrare att framställa men ger en bättre avbildning därför att närdelen får en meniskenlinsform till skillnad från de i frontytan ivärmda, där närdelen får en bilinsform.

Segmenttyper och storlekar

Av enindex bifokalerna finns det endast en segmentstyp för vardera, så för executivelinsen är halva linsen för avstånd och andra halvan för nära håll (se fig.) och för dufosinlinsen är segmentet halvmåne-format med varierande storlek (se fig.). Tvåindex bifokalerna finns i tre utförande, varav den översta är vanligast förekommande och den understa minst vanlig.

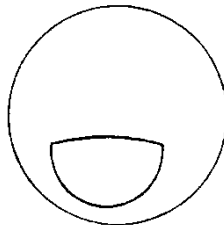


Beteckning FT eller ST men även F och S kan förekomma.

FT och F = Flat top

ST och S = Straight top

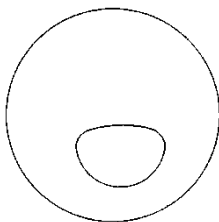
De vanligast förekommande segmentsstorlekarna är 25, 28 och 35 mm mätt på det bredaste stället.



Beteckning CT el C.

CT och C = Curved top

Segmentsstorlekar som ovan.



Beteckning P.

P = Panoptik

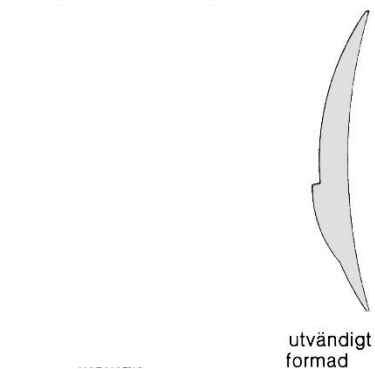
De vanligaste segmentstorlekarna är 24 och 28 mm.

Samtliga går även att få i mindre eller större segmentstorlekar som specialbeställning.

Man kan här också nämna att när man gör den panoptiska närdelen, tar man en cirkulär kronglasbit där man stansar ut pantoformen och en högindex-närdel med pantoform placeras i kronglasbiten, och delarna pressas samman för att få närdelssegmentet.

Bifokala plastlinser

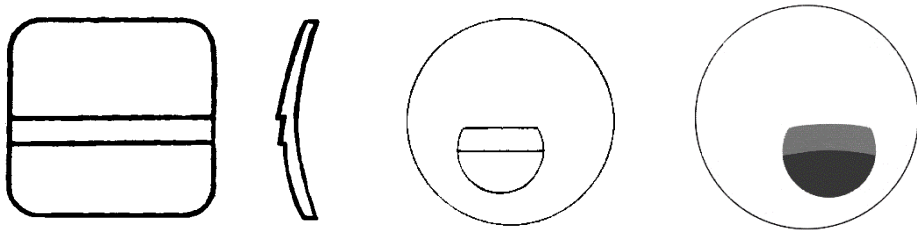
Bifokallinser i plast kan inte tillverkas genom att smälta samman olika indexmaterial. Här måste man arbeta med olika radier och tjocklekar i linsens olika delar. Alla plastlinser gjuts enligt det som sagts tidigare om enstyrkelinserna. När det gäller bifokallinserna har man, i gjutformens främre mineralglas, gjort en konkav fördjupning motsvarande den typ av segment och storlek man vill ha. Den konkava fördjupningens kurva avgör additionen, alltså det brytkraftstillägg som behövs för nära håll. Precis som för den bifokala minerallinsen, som är gjord i ett och samma index, kommer man här att få en markerad kant mellan avstånds- och närdel som kan kännas med fingret. (fig.nedan)



Dessa linser görs vanligen med ST- eller CT-närdelar men kan också göras som executive eller dufosin.

Trifokallinser

Trifokallinserna tillverkas i princip på samma sätt som bifokallinser. Minerallinsen finns dels i form av executivtyp, där man slipar linsen med tre olika radier, dels som flerindexlinser vilka görs med en *button* som för bifolins, men med en mellansektion med lägre index (fig. nedan).

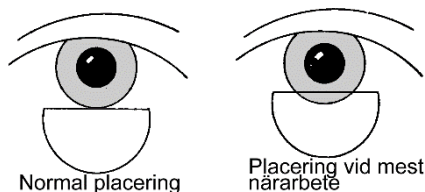


Här har mellandelen ett medelindex, som brukar beräknas så att additionen i den delen är hälften av närdelsadditionen, det kan dock skilja mellan olika tillverkare. I plast gjuts även trifokalerna på samma sätt som tidigare nämnts, men med den skillnaden att den konkava fördjupningen har två olika radier.

Inmätning och montering av multifokala linser

När kunden bestämt sig för bifokallinser finns det flera saker att ta hänsyn till. För det första, valet av båge, där det gäller att inte välja en för låg båge då mycket av närdelen kan komma att slipas bort. För det andra, måste man ta hänsyn till vad glasögonen ska användas till. För en specifik arbetssituation eller om de ska användas mest för närsituationer eller avståndsseende. Detta avgör hur närdelen skall placeras i bågen. För det tredje, bör man också ge akt

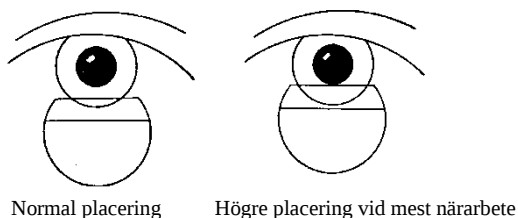
på hur kunden håller huvudet. Tänk på att kunden ofta sträcker upp sig när närdelshöjden ska mätas. Betona för kunden att ha en normal huvudhållning. När bågen är vald, justeras den på kunden. Därefter placerar man sig på samma höjd som kundens ögon befinner sig på. Ber kunden att titta på undersökarens näsrot. Därefter tuschmarkerar man höjden på presentationsskivan eller om inte den finns, på tejp som man placerat över skivöppningen mitt för ögat. Den vanligaste placeringen av närdelshöjden, vid lika mycket nyttjande av avstånds- och närdelen och normal huvudställning, är vid **iris undre kant** (fig. nedan).



Om kunden tidigare använt bifokalglas och är nöjd med den höjd som närdelen haft, gör man de nya bifokalerna med samma placering.

Om ett par bifokala linser skall användas mer för närbete än avstånd eller om kunden har hakan ner mot bröstet, **höjer** man närdelen några mm och tvärtom vid motsatt förhållande.

För trifokala i samma situation gäller **mitt emellan** pupill och undre iriskant vid normalvidgad pupill.



Vid montering i bågen skall man först mäta upp linsen för att kontrollera styrkor och var optiska centra ligger i avstånds- och närdelen. Ute i butiken är det brukligt att man sedan markerar närdelens mitt och slipar in närdelarna efter när-PD, samt närdelens höjd i enlighet med det man tidigare mätt upp.

Normalt skall det från grossisten (kan variera något mellan olika grossister) vara en förskjutning i linsen mellan avstånds- och närcentrum på 2-2,5 mm per lins men det är inte alltid tekniskt möjligt.

Om inte centrum i avstånds- och närdelen ligger där man förväntar sig att de skall ligga, bör man räkna på de prismatiska effekter, som kan uppstå både i avståndsdel och närdel. Om den prismatiska effekten överskrider toleranserna blir man tvungen att centrera efter optiska centra i den del där man har den

starkaste styrkan, eller eventuellt medla så att man hamnar inom toleranserna både för långt och nära håll.

Något allmänt om de vanligaste multifokallinserna

Fördelarna med dessa typer av linser är att de i de flesta fall ger ett komfortabelt seende på såväl långt som nära håll i ett och samma par glasögon. Vid val av närdelstyp (ST, CT eller P) finns det inga fysiologiska eller optiska fördelar med det ena eller det andra. Däremot ger ett större segment ett större synfält vilket man bör tänka på om glasen skall användas mycket vid närarbete. I samband med närarbete kan sägas att multifokallinser inte är idealiska för terminalarbete, då de kan ge upphov till nackbesvär.

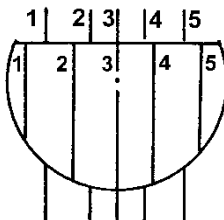
Vi skall vara medvetna om att alla i dag förekommande multifokallinstyper är en kompromiss mellan;

- * korrektionskrav
- * estetiska aspekter
- * lämpligheten för rationell produktion

Det innebär att om man skall göra individuella anpassningar blir det oftast dyrt.

Felkällor

Denna kompromiss medför att vi får vissa bieffekter i linserna. Bildsprånget är exempel på en sådan bieffekt. Vid övergången från avståndsdel till närdel förändras bildstorleken.



Närdelen fungerar ju som ett förstoringsglas. Detta klarar inte alla av. Det andra är de prismatiska effekterna. Vi har ju grundlinsen med sitt optiska centrum och närdelen med sitt. Dessa två system har vi sammanfört och närdelens centrum är förskjutet både i sidled och höjddled i förhållande till grundlinsens centrum. Denna förskjutning leder till att man vid seende genom närdelen, får en prismatisk verkan orsakad av grundlinsen. Även om denna hamnar inom toleransen, är det inte alla som klarar av det. Det tredje är inskränkningen i synfältet på nära håll på grund av närdelen, man kan till

exempel få problem i trappor eller vid andra nivåskillnader då närdelen ger oskärpa i ett område i synfältet.

En annan sådan inskränkning, framför allt vid bifokaler, är om stora styrkeskillnader föreligger i avstånds- och närdel. Då får man ett diffust seende på mellanavstånd.

Det finns även multifokala speciallinser till exempel linser med dubbelsegment (fig.nedan a resp.b) eller linser med medvetna korrigerande prismor i avstånds- eller närdel för till exempel skelande personer.



Påpekas bör också att i fototropa bifokala / trifokala linser är närdelen inte fototrop utan endast grundlinsen, då det inte är tekniskt möjligt att få närdelen fototrop. Det innebär att endast grundlinsen mörknar och närdelen kommer att se ljusare ut mot resten av linsen.

Kort historik om multifokala linser

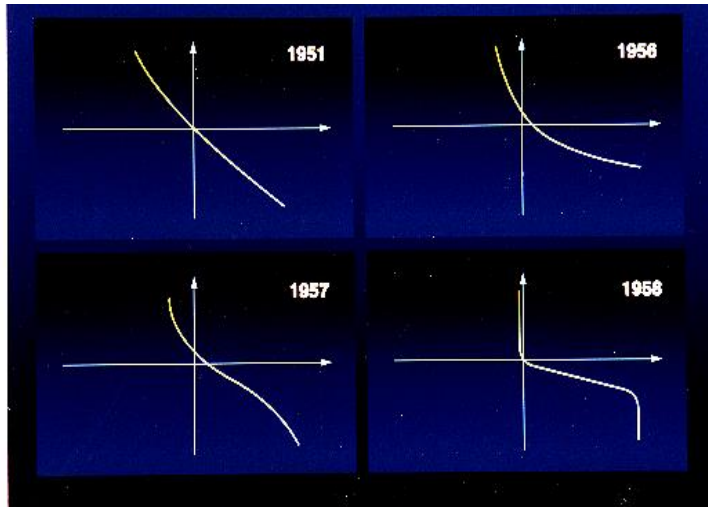
Vid 1700-talets slut kom Franklinglasen. De bestod av en delad avstånds- och närlins, monterade i samma skiva. Först med rak delningskant, senare även med svagt böjd och ibland med sammankittad fog. Dessa glas kunde centreras exakt efter avstånds- och när-PD.

- * Vid 1900-talets början; närdel i form av en påkittad pluslins med kanadabalsam. Det gav problem med smuts, och att de lossnade från varandra samt att kanadabalsamet ändrade färg. Fram till 1930-talet förekom också urfrisning och fastkittning av rund närdel med högre index.
- * 1910-talet; tvåstyrkelinser gjorda i ett stycke med olika konkavradier för additionen, dufo med skarp markerad gräns och dufosin med svagt markerad gräns.
- * 1920-talet; insmältning av runda segment med högre index. (Telebic)
- * 1926; första ST-linserna i England.

- * 1930; första CT-linserna i Tyskland, sk. Telesin.
- * 1950-talet; Franklinglasat återkom men nu i ett stycke, kallad Executive.

Kort historik om multifokala linser - progressiva

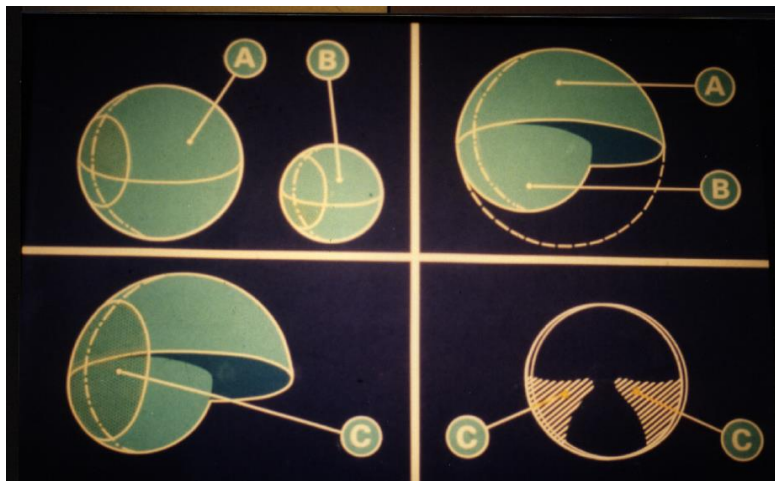
Utvecklingen av progressiva glas började hos många leverantörer under mitten på 1950-talet. Man provade många olika konstruktioner för att komma fram till den första användbara.



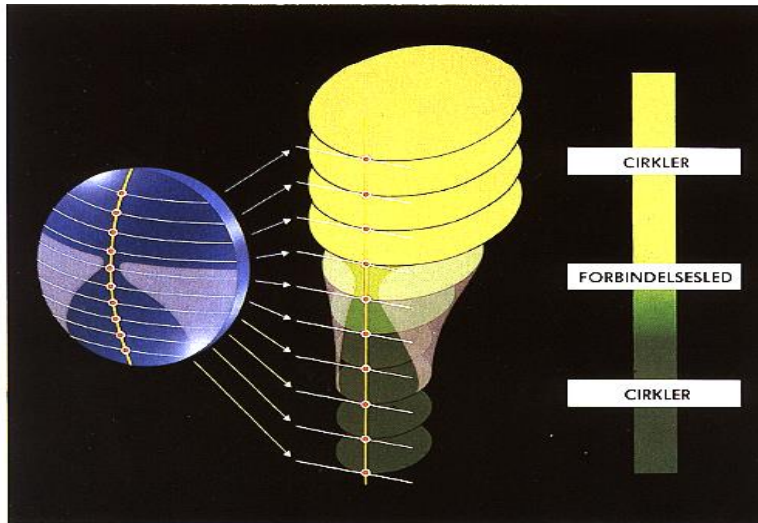
Den första generationen lanserades i Frankrike 1958 av Essilor och konstruktören var Bernard Maitenaz, senare koncernchef. Detta glas hette Varilux 1 och utgör generation 1.

Denna första generation kännetecknas av en konstruktion med sfäriska ytor och en sammanbindningskanal mellan avstånds- och närområde.

Detta kallas patch-work design.

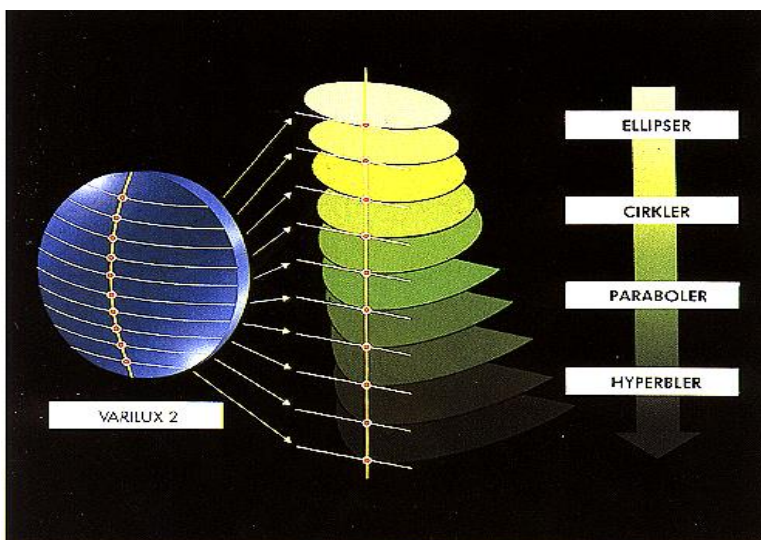


Konstruktionen kan schematiskt illustreras med nedanstående fig



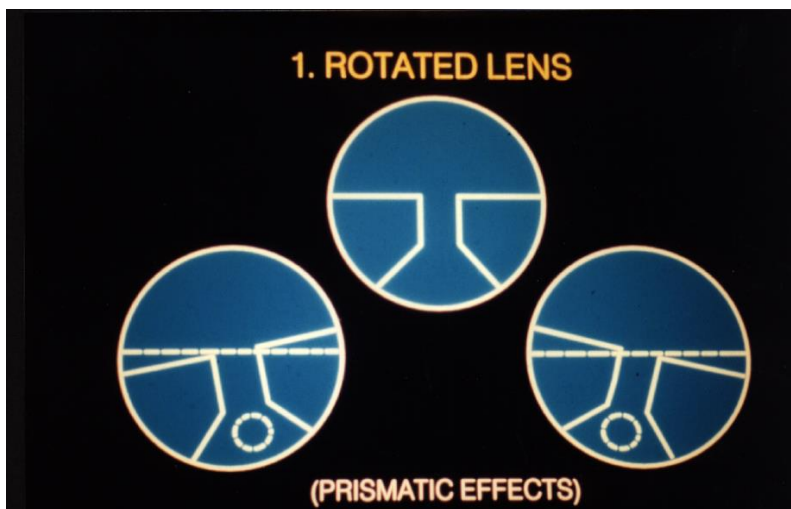
Man kom relativt snart fram till att denna konstruktion inte var den bästa utan man började, och nu naturligtvis hos i princip alla tillverkare, experimentera med asfäriska ytor. Detta för att bättre kunna kontrollera de aberrationer som alltid uppstår i denna typ av glas.

Konstruktionen hos denna andra generation framgår av nedanstående figur.

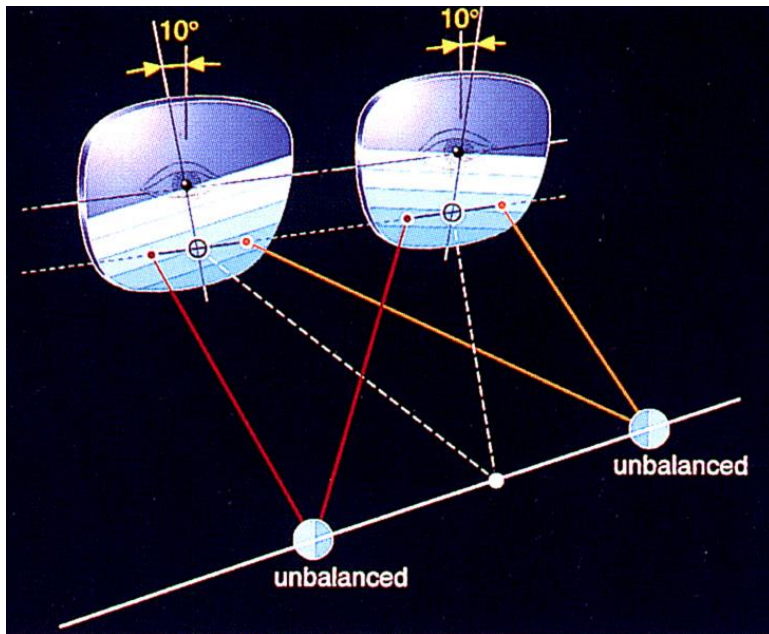


Genom denna förändring i konstruktion gavs det möjlighet att börja tillverka progressiva med antingen symmetrisk eller asymmetrisk konstruktion.

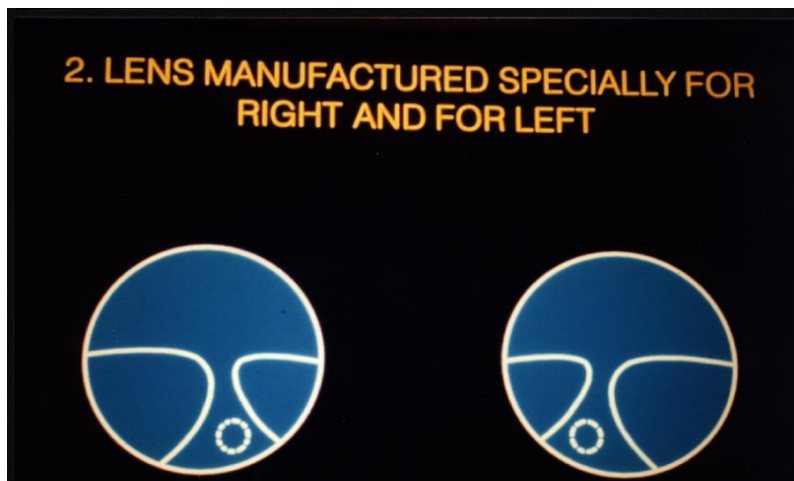
Den symmetriska kännetecknas av att höger och vänster glas har lika grundkonstruktion och blir till höger resp. vänster genom rotation före uppmärkning hos leverantören.



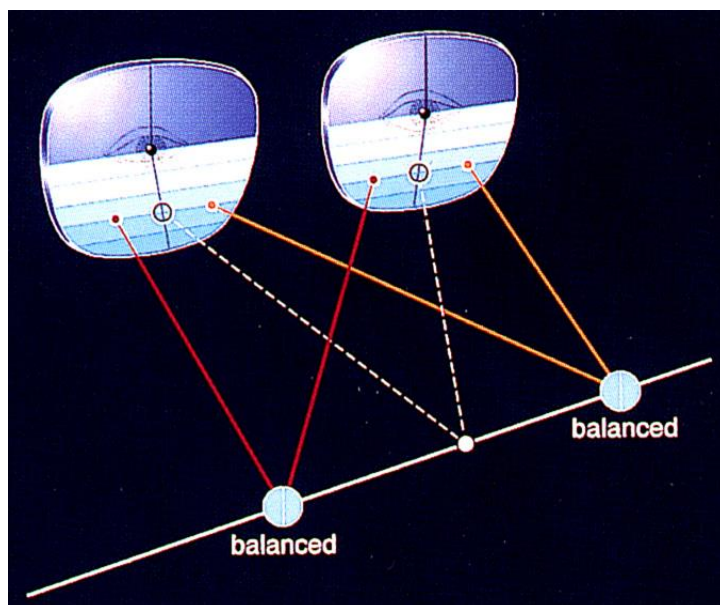
Denna konstruktion innebär att det binokulära seendet blir utsatt för olika prismatisk effekt vid sned blickriktning på nära håll.



Den asymmetriska kännetecknas av att höger och vänster glas har olika grundkonstruktion d.v.s. tillverkas specifikt som höger resp. vänster redan från början.



Denna konstruktion medför att det binokulära seendet inte blir utsatt för olika prismatisk effekt vid sned blickriktning på nära håll.



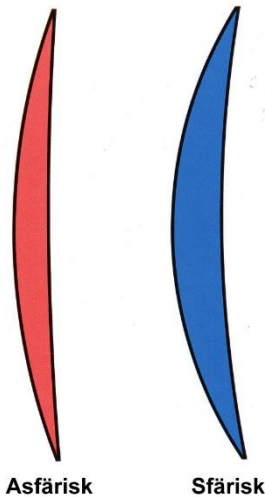
Sedan dessa första grundläggande konstruktioner vilka kan sägas representera olika generationer av progressiva linser och dessutom vara något som gäller för alla på marknaden förekommande tillverkare har utvecklingen fortsatt. Detta innebär att vi nu kan uppleva generation 6 och/eller 7 av progressiva linser. Konstruktionerna och dess varianter kan i princip sägas vara gällande för såväl mineral- som organiska linser.

Förutom dessa "vanliga" progressiva linser finns idag s.k. när- eller rumsprogressiva linser som är avsedda för seende på diverse olika avstånd men inte riktigt avståndsseende. Det finns numera även linser med olika långa progressionszoner och med de icke helt eliminerade distorsions-områdena placerade på olika ställen i linser alltefter vad linsen är avsedd till.

Asfäriska linser

Rent språkligt kommer ordet asfärisk från grekiskan och betyder icke sfärisk och i linssammanhang ska det i så fall inbegripa alla linser, som inte har en sfärisk yta, även cylinderlinser.

Begreppet asfärisk lins har blivit alltmer vanligt på senare delen av 1980-talet och under 1990-talet. Men de första asfäriska linserna kom redan i början på 1900-talet med de var inte kosmetiskt tilltalande. Det var först på 1970-talet som radikala förbättringar gjordes.



Dagens asfäriska linser

En asfärisk lins är en lins, som har en yta där radien inte är densamma ända ut till periferin utan radien förändras ut mot linskanten och därmed förändras också brytkraften.

Syftet med asfäriska linser är att minska tjockleken på linser i starka styrkor och på så sätt få ett estetiskt tilltalande alternativ. Det ger även en förbättrad avbildning perifert i linsen. Nu för tiden brukar man skilja på tre typer av "asfäricitet" nämligen:

- * Geometrisk; ett sätt att uppnå tunnare linser men eventuellt på bekostnad av avbildningen.
- * Optisk; för att uppnå mindre kupiga linser men med god avbildning.
- * Progressiv; ett sätt att erhålla kontrollerad styrkeökning längs en vertikal meridian (den sista gruppen kommer att behandlas i samband med progressiva linser).

Något om starka sfäriska linser

Som tidigare sagts finns det två grundskäl för att frånga en sfärisk yta. Vi vet att personer med stora ametropier kommer att få linser med avsevärd centrum- eller kanttjocklek, vilket ger tjocka och klumpiga glas. I många fall ger det

också en högre vikt hos linsen. Vidare medför högre dioptrivärden större avbildningsfel, framför allt i periferin. De avbildningsfel som uppkommer är:

- * *sfärisk aberration* (centrala och perifera strålar som träffar linsen får inte samma fokuspunkt)
- * *astigmatism vid snett ljusinfall* (en aberration som ger upphov till olika ljusbrytning i två huvudmeridianer)
- * *distorsion* (bildförvrängning, rätta linjer upplevs inte som raka).

Dessa avbildningsfel ger sammantaget ett så kallat ringscotom eller glasögonscotom, vilket kunden upplever som en form av tunnelseende.

Geometrisk asfäricitet

Genom att modifiera en lins perifer geometri kan man få en tunnare lins. Det sker genom att frontytan och/eller bakre ytan förändras.

För pluslinser innebär det att man gör frontytan flatare ut mot periferin utan att förändra den centrala delen. Därav kan man också flytta fram den bakre ytan och därmed få en tunnare lins, fig.



På minuslinser gör man tvärtom, frontytan görs perifert mer kupig och/eller bakre ytan flatare för att minska kanttjockleken, fig.

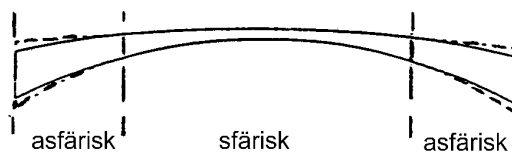


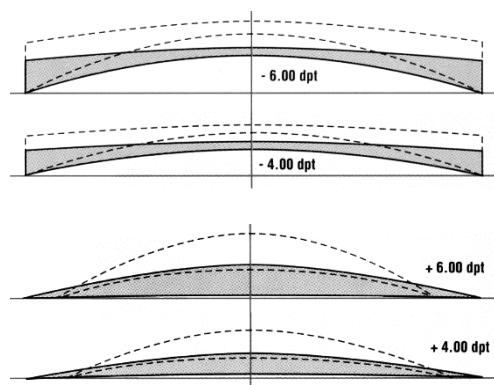
Fig.. Jämförelse asfärisk lins (heldragen)
med sfärisk (streckad) minuslins.

Dessa linser tillgodoser det estetiska kravet men påverkar inte i någon högre grad avbildningen, man kan till och med i vissa fall få en oönskad astigmatism perifert.

Optisk asfäricitet

Här gör man en linsen flatare, genom att vid tillverkningen kalkylera in låga grader av cylindriska och sfäriska värden i linsytan för att kompensera randastigmatism och styrkefel i linsens periferi. Detta ger en i det närmaste perfekt avbildning i hela linsytan och man har reducerat avbildningsfelen till så låga nivåer, att det saknar praktisk betydelse för seendet. Generellt kan man säga att minuslinsen kräver mindre asfäricitet än pluslinsen och därför är det på plussidan som man gör de största vinsterna med asfäriska linser. Myoperna får dock sina största vinster vid användandet av linser med högt index i stället. Tjockleken i de optiskt asfäriska linserna påverkas inte nämnvärt, men när man får flackare kurvor uppfattas de som avsevärt tunnare. För bästa resultat vad gäller tjockleken bör man ta så små linser som möjligt. Väljer man dessutom ett högre index kan man ytterligare reducera tjockleken. Se jämförande tabeller här nedan.

Om man skall välja mellan de två typer av asfäricitet som nämnts så är den optiska att föredra med den bättre avbildningen. De båda typerna går också att få i multifokala och progressiva linser.

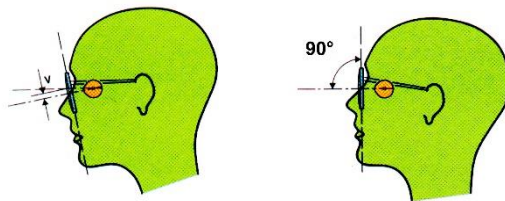


Inmätning och centrering

För att den asfäriska kompensationen av de perifera avbildningsfelen skall fungera måste man ta hänsyn till ögats vridpunkt. Den asfäriska linsens optiska axel måste löpa genom ögats vridpunkt.

En båge är normalt något inklinerad, det vill säga bågfrontens underkant är något indragen mot ansiktet i förhållande till lodlinjen. Om man då markerar pupillcentrum på bågskivan vid blickriktning rakt fram måste centrumet i

glasets sänkas 0,5 mm/inklineringsgrad, det vill säga om vi har en inklineringsvinkel på 10° skall centrumet sänkas 5 mm. Detta förutsatt att bågen sitter på ca 14 mm toppunktsavstånd. För att inte behöva mäta inklineringsvinkeln och toppunktsavstånd kan man göra följande i stället. Låt kunden höja hakan så att inklineringsvinkeln är 0° . Fig.



Låt kunden sedan ha horisontell blickriktning och markera pupillens centrum. Här skall sedan glasets optiska centrum sitta för att optiska axeln och ögats vridpunkt skall sammanfalla. Notera att monokulärt avstånds-pd används för såväl avstånds- som för närglas så länge det gäller enstyrkeglas. För bifokala och progressiva linser följs de anvisningar som gäller dessa linstyper.

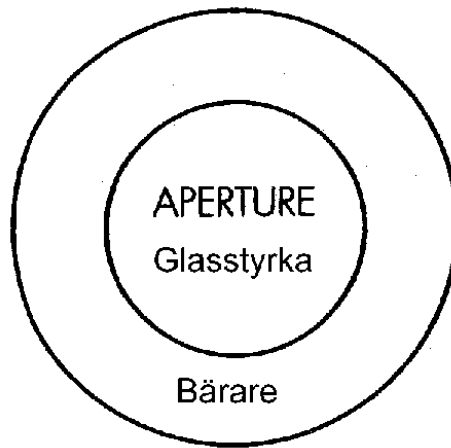
Linser med hög brytkraft

Allmänt

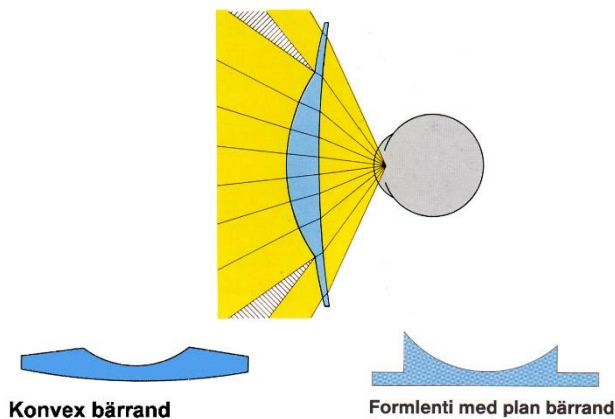
Det fanns länge en efterfrågan på linser med högre index för korrektion av höga ametropier (felsyntheter) då de vanliga glasen hade kosmetiska nackdelar för bäraren. Höga minusstyrkor ger förutom de tjocka kanterna, förminskningseffekter, "hack" i ansiktsformen och myopiska ringar (speglade ringar i glasets på grund av reflektion). Höga plusstyrkor ger förstörade effekter på ögonen, vilket vanligtvis uppfattas som mindre estetiskt tilltalande. Linserna blir också tunga och tröttsamma att bära och valet av båg blir begränsat.

Lentikularlinser

En lins som fortfarande används om än i mycket liten skala är lentikularlinsen. Dessa linser har en central optisk del med styrka. Denna del kallas för aperturen. Runt om aperturen finns en yta, som har liten eller ingen brytkraft. Dessa ytterdelar är då "bärare" (eng. carrier) till den optiska delen.



Lentikularlinser är inte särskilt tilltalande utseendemässigt och inskränker även synfältet påtagligt.



Högindex linser, mineral

I den engelska litteraturen indelas brytningsindex i olika grader. Brytningsindex mellan 1,48 och 1,53 benämns normalindex, brytningsindex mellan 1,54 och 1,63 anses vara mellanindex, medan linser med index 1,64 och

däröver kallas högindex. I Sverige kallar vi linser med brytningsindex 1,6 och däröver för högindexlinser.

Vid benämning av index används värdet för medeldispersionen, men detta skiljer sig mellan olika länder. I USA används den gula natriumlinjen "D"linjen 589nm. England använder den gula heliumlinjen "d" 587nm. I Sverige, Tyskland och Frankrike används den gröna kvicksilverlinjen "e" 546nm. Så småningom kommer troligtvis den gröna kvicksilverlinjen att bli standard.

Högbrytande linsmaterial

Flintglas har som regel ett brytningsindex över 1,6 och det har man fått genom att tillsätta blyoxid i glassmältan. Det gav linsen också en hög densitet och dispersion.

År 1973 introducerade Schott & Genossen i Mainz en ny lins med starkt ljusbrytande förmåga. Man ersatte blyoxiden med titaniumoxid vilket gav ett material med en betydligt lägre densitet. Linsen fick beteckningen SF64 (SF schwerflint). Efter tillsatser av natrium, kalium, litium, kalcium, strontium och barium fick man fram råglasmaterialet SF64.

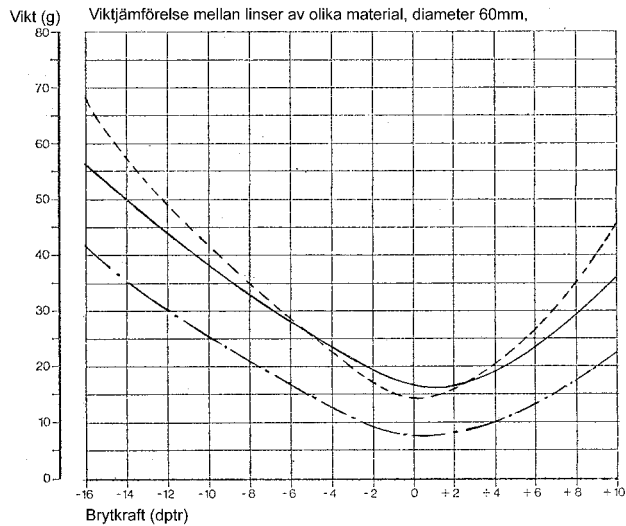
Rand och mittjocklek

Ytans brytkraft i luft framräknas i formeln $D = n - 1/r$

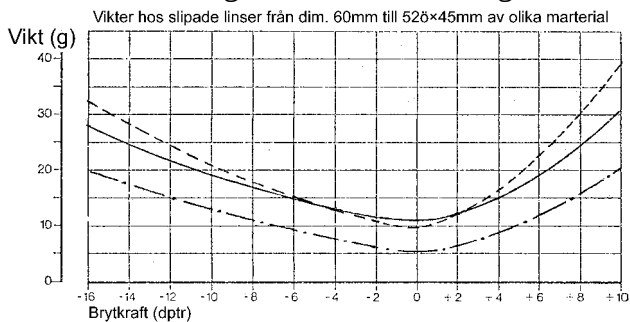
Om D är en konstant och n ändras kommer också r att ändras, den ökar med högre brytningsindex. Det medför att linsen blir tunnare och flackare. Pluslinsens mittjocklek blir mindre och minuslinsen får en minskad kantjocklek.

Vikten

Då SF64 linsen har en högre densitet och ett högre brytningsindex än kronglas, medför det att ju mer brytkraften ökar desto mer kommer SF64 linsen att skilja sig från kronglaslinsen ifråga om tjocklek och vikt. Om man jämför vikten mellan linser av olika material så kommer viktminskningen att kompensera den högre densiteten, utom vid brytkraften -5,0 dptr och +3,0 dptr. Där har SF64 linsen samma vikt som kronglaslinsen och där emellan har kronglaslinsen lägre vikt, fig.



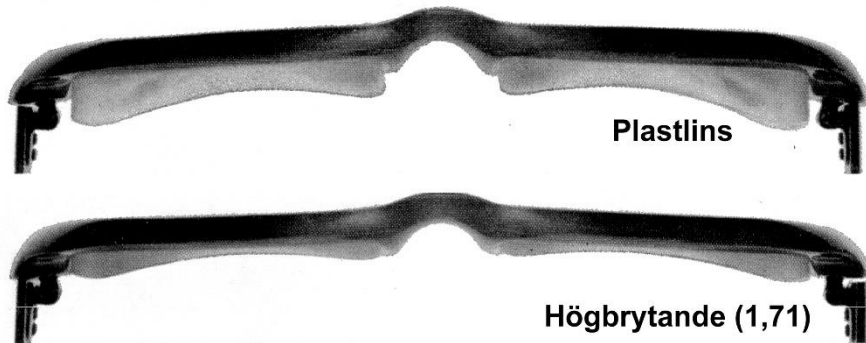
Efter formslipning får kurvorna ett något annat utseende, fig.



Vi kan också se att CR 39 (plastlinsen) har en lägre vikt i alla styrkeområden men i gengäld blir den tjockare än både kronglas och högindexlinserna.

Det är framför allt på minussidan som fördelen med högbrytande linser återfinns. Detta beror på att randpartierna på minuslinsen till stor del försvinner vid formslipningen. Pluslinsens största massa ligger däremot centralt placerad och minskar inte i samma utsträckning vid formslipning.

Det senaste på detta område är att ersätta titaniumoxid med en annan lättmetall, lantanoxid. Det gör det möjligt att ytterligare öka brytningsindex, för närvarande upp till 1,89.



Högindexlinser, plast

Plastlinser, CR39, har som regel ett brytningsindex på 1,498. Det är det lägsta brytningsindex ett material har, som används för optisk korrektion i glasögon. Det låga indexet medför kupigare ytor och därmed tjockare linser. Därför är ett material med ett högt brytningsindex, som både ger lägre vikt och minskad tjocklek, ett attraktivt alternativ.

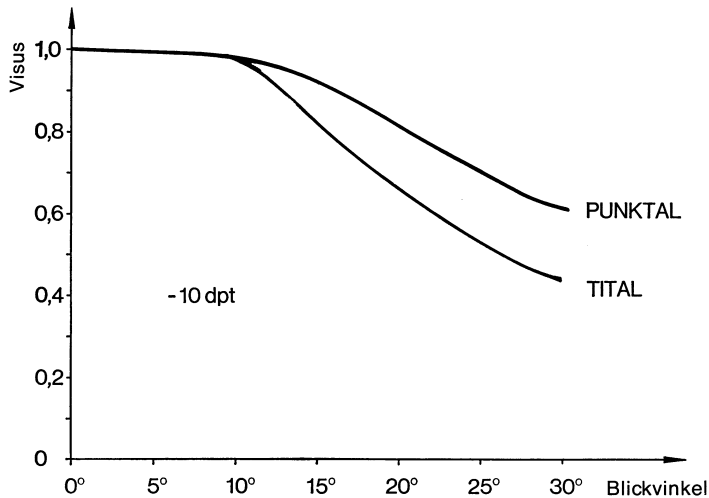
Plastlinser med högre brytningsindex kommer från en mängd material (tillverkningshemligheter) men vid sammansättningen försöker man ta hänsyn till vikten, hårdheten, tjockleken och färgspridningen.

Dagens högindexplastlinser har ett index på omkring 1,6 där tjockleken reducerats och färgspridningen är acceptabel. Vikten är fortfarande låg, men med det högre indexet följer att linsen är mjukare och man är tvungen att hårdhetsbehandla den.

Fördelar och nackdelar

Ökad dispersion och sfärisk aberration gör att synskärpan sjunker mer vid sned blickriktning genom högindexlinser jämfört med linser med normalt brytningsindex. Normalt faller dock blicken genom linsens centrala delar.

Alla tillverkare rekommenderar idag att högindexlinser bör AR-behandlas, företrädesvis med flerskikts antireflexbehandling och att plastlinserna även hårdhetsbehandlas. På grund av den sfäriska aberrationen är det också viktigt att man monterar linserna rätt i höjdled.



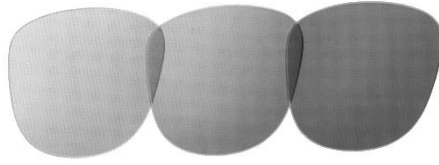
Tjockleksminimering

Ett relativt nytt sätt att reducera tjockleken på linser är med datorns hjälp. Datorn räknar alltså fram den tunnast möjliga lins för vald båge och ”skräddarsyr” den lins som behövs gällande:

- tunn kant
- nylontråd (här krävs ibland en tjockare lins)
- garnityr
- tjocklekskompensation

För beställning av dessa linser behöver leverantören följande uppgifter:

- * sfär och cylinderstyrkor, axlar, eventuell addition
- * PD, eventuell höjd
- * bågens storlek, typ av båge (plast eller metall)
- * bågens form avritad, mall



Fototropa linser

Med fototropa linser menas linser med en varierande absorption. Linserna har förmåga att ändra färg när de bestrålas och när bestrålningen upphör återgår linsen till den ursprungliga absorptionen.

Redan under förra århundradet började man närmare undersöka vissa ämnens påverkan av ljus. I början var fototropin i glas inte reversibel eller så förlorades den efter ett visst antal växlingscykler. Inte förrän på 1950-talet lyckades man få fototropin att behålla reversibiliteten under lång tid i glaset. Detta utnyttjades till en början som solskydd i fönsterglas. Tillverkare var Corning i USA. Först efter ytterligare forskning fick man fram en optisk kvalitet, som lämpade sig för glasögonoptiska produkter.

De första linserna började användas 1965 och 1977 kom linser med förbättrade reaktionstider.

Materialiet

Utgångsmaterialet är vanligt kronglas alternativt borsilikatglas. Silversalter i form av silverhalogenider (silverklorid och silverbromid) tillsätts, vilka svarar för den fototropa effekten. Dessutom tillsätts koppar som stabilisator. Denna lins, som nu är lätt turkosfärgad, har ännu inte egenskapen att reagera för bestrålningen, utan måste genomgå ytterligare en upphettning till nära smältpunkten (ca 600°-800°) för att få denna egenskap.

I denna behandling som kallas temperering, bildas i glasstrukturen ett reaktionscentrum som består av silverhalogenidkristaller. Med en storlek på 5-6nm ligger de spridda enligt ett regelbundet mönster i hela linsmaterialet. Avståndet mellan kristallerna är cirka 100nm.

Principiellt kan sägas att storleken på kristallerna samt tätheten mellan dem avgör hur snabbt och intensivt linsen reagerar. Svårigheten i tillverkningsprocessen är att stoppa kristallernas storlekstillväxt så att de inte överskrider 5-6nm. Blir kristallerna större och ligger för tätt får man en så kallad slöjning av linsen och transmissionen påverkas.

Funktion

Mikrokristallerna är fotokemiskt aktiva och reagerar på UV-strålning av våglängderna 300-400nm (360-380). Under påverkan av den aktiverande

strålningen förändras det transparenta silversaltet till metalliskt silver, vilket absorberar ljus och linsen mörknar. Återgången sker genom värme och långvågig strålning. Det metalliska silvret ombildas åter till silversalt och förlorar då sina absorptionsegenskaper och linsen ljusnar. Denna fotokemiska process liknar den som sker i fotografisk film, men med den stora skillnaden att i glaslinsen är den reversibel. Det metalliska silvret fälls inte ut permanent på grund av sin fasta bindning till linsens grundsubstans. Processen är alltså upprepbar och linsen kan ställa om sig i det oändliga. Laboratoriemässigt har detta testats och materialet har exponerats 300000 gånger utan att visa någon avmattning. Med 10 exponeringar per dag skulle det innebära 82 års användning.

Faktorer som påverkar linsen

Mättnadstransmissionen och tidsförloppet för aktivering och återgång bestäms av en rad olika faktorer.

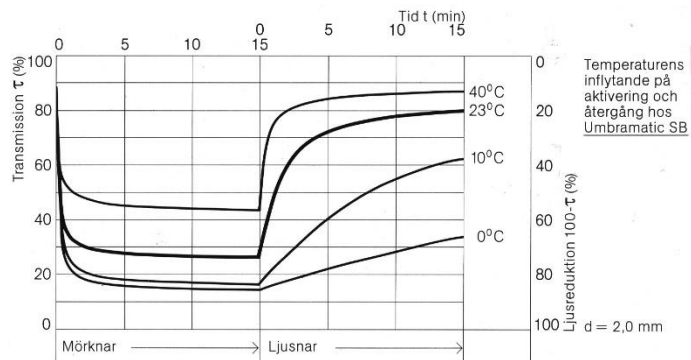
Strålningskällans karaktär

Den samlade himmelstrålningen, inte bara den direkta solstrålningen, innehåller aktiverande UV-strålning. Därför mörknar linsen även i mulet väder. Höjden över havet har stor betydelse. På 1800 meter över havet är UV-strålningen 4 gånger högre än vid havsytan. Läger man snö till detta ökar exponeringen ännu mer.

Luftföroreningar absorberar delvis UV-strålningen, liksom bilrutor och fönsterglas. I lokaler med stora fönsterytor återgår alltså fototropa linser kanske inte helt till sitt ursprungliga tillstånd. Även lysrörsarmaturer och halogenlampor utsänder, om än svag, viss aktiverande strålning.

Linsens och omgivningens temperatur

Ju högre temperatur desto lägre blir absorptionsgraden i linsen. Är temperaturen cirka $+40^{\circ}\text{C}$ eller mer blir absorptionsgraden mycket blygsam. Är temperaturen omkring 0°C eller lägre blir absorptionsgraden snabbt mycket hög.

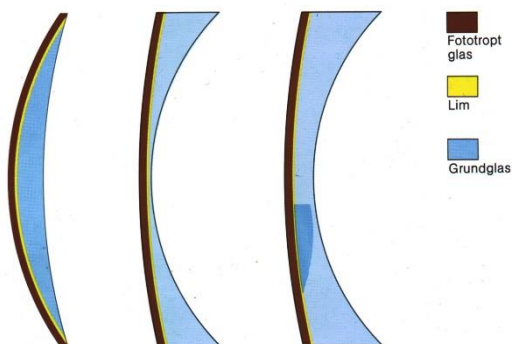


En stor temperaturdifferens, till exempel då man kommer utifrån och går in, påverkar återgången så att den går snabbare. Kyls linsen ned extremt mycket till exempel med flytande kväve, förblir linsen mörk även när bestrålningen avtar. Den reversibla processen blir därmed irreversibel. Gäller endast vid *mycket låga* temperaturer.

Linsens tjocklek

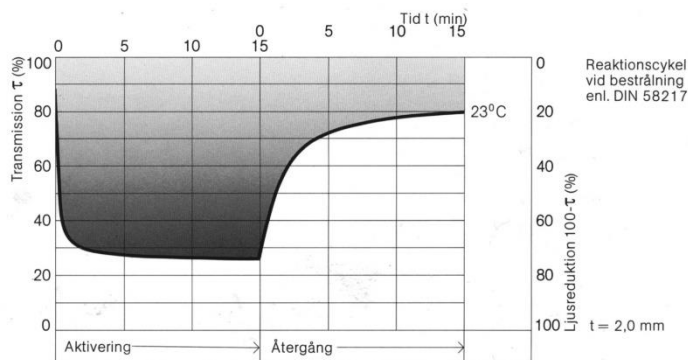
Silverkristallerna fördelar sig som färgpigment i en genomfärgad lins, regelbundet inom glasvolymen. Trots detta påverkar linstjockleken inte mörkheten nämnvärt eftersom aktivering av ytligt liggande kristaller förhindrar aktivitet hos bakomliggande. Först vid stora skillnader i korrektionslinsens mitt- och kanttjocklek kommer absorptionsskillnader att märkas. Minuslinser blir mörkare i kanterna och plus-linser mörkare i mitten, det vill säga där tjockleken är störst. Tjockleksskillnaderna får alltså ej vara för stora mellan linser som skall slipas in i samma båge. För att minska tjocklekens betydelse på fototropa minuslinser ökas mitttjockleken till 1,5 mm.

Av samma skäl tillverkas linser med högre styrkor eller vissa multifokala med så kallad överfångsteknik.



Överfångslinser består av en ofärgad grundlins på vars framsida ett fototropt glasskikt med 1,6 mm tjocklek påkittats. Härigenom uppnås en jämn transmission över hela linsytan. Värmeutvidgningskoefficienten för grundlinsen och det fototropa skiktet kan skilja. Denna skillnad uppfångas dock, eftersom kittskiktet är elastiskt. Dock bör man undvika att utsätta överfångslinser för stora temperaturbelastningar, vilka kan förorsaka spänningar, som kan leda till att linsen brister.

Då ovanstående faktorer påverkar den fototropa linsens egenskaper högst väsentligt, har man för att kunna jämföra olika typer, bestämt att utgångsläget för att bedöma prestandan hos fototropa linser är en lins som har en tjocklek av 2 mm och en temperatur på 23° C samt utsätts för strålning av en våglängd på 555 nm.



Reaktionshastighet

Generellt kan sägas att aktiveringen av fototropa linser går snabbare än återgången, men reaktionshastigheten är som nämnts temperaturberoende. Aktiveringen går snabbare vid låg temperatur och återgången går snabbare vid förhöjd temperatur.

Linserna som kommer direkt från fabriken är *otränade* och reagerar ganska trögt varför man måste räkna med en inkörningsperiod på cirka en vecka innan önskvärd reaktionshastighet respektive intensitet uppnås. Linserna har innan aktiveringen en något gulgrön / brungul ton för att sedan som aktiverade bli grå eller bruna. Har linsen legat oanvänd under en längre tid återgår den till sitt tröga tillstånd, och måste då på nytt aktiveras.

Bearbetning och övrigt

Fototropa linser är oftast hårda varför slipning måste ske med diamantslippskivor och riklig vattentillförsel. AR-behandling eller vakuum-

färgning av fototropa linser är numera fullt möjligt, även om det sker vid en lägre temperatur för att ej påverka den fototropa förmågan. Vakuum-behandlar man i för hög temperatur klumpar kristallerna ihop sig till större enheter och linsen blir grumlig. AR-behandlingen ökar transmissionen med upp till 7,5%. Absorberande skikt läggs alltid på linsens insida för att ej påverka den fototropa effekten, då en del av UV-strålningen absorberas i ytskiktet och sänker reaktionsförmågan hos linsen.

Multifokallinser består av en fototrop grundlins och ett insmält, ofärgat segment. Närdelarna mörknar därför mindre. Hur mycket beror på avståndsdelen brytkraft och närsegmentets tjocklek. Det finns även progressiva fototropa linser.

Problem kan ibland uppstå vid byte av endast en lins i en båge. Den gamla linsen både mörknar fortare och förblir mörkare aktiverad. Ibland kan man förändra den gamla linsen genom att värma upp den i kokande vatten, i ugn eller under värmelampa, så att inte mörknar så fort. För att få en exakt likhet mellan linserna bör man dock byta ut båda linserna.

Fototropa plastlinser

Fototropa plastlinser har man försökt tillverka sedan lång tid tillbaka, men den fototropa effekten har visat sig vara sämre och efter en tid förlorade den dessutom sin reversibilitet. Huvudskälet till detta är att reaktionsbeståndsdelarna i plastmassan ej kan bindas lika fast, som i kronglas.

År 1991 lanserade Essilor en fototrop plastlins som fungerade, 1994 kom generation två. Denna lins har en brun färg och dess egenskaper gör att den är mindre temperaturavhängig än tidigare generationers. Reversibiliteten är god och aktiveringen sker lika snabbt som hos en fototrop minerallins, men återgången tar något längre tid.

Det fototropa materialet består av fyra komponenter placerade i främre delen av en vanlig CR 39-lins. Konstruktionen ger alltså en jämn färg även i höga styrkor. Opåverkad är linsen ca 15% brun och vid temperaturer över +15° C blir linsen mörkare brun men under den nämnda temperaturen mörkare grå. Jämfört med fototropa minerallinser ger plastlinserna ett bättre UV-skydd, ända ned till 290 nm.

Senare har också Rodenstock tagit fram en fototrop plastlins med ytterligare några komponenter i. Dessa skall inte ge någon annan färg vid låga temperaturer.

Ytbehandlingar

Olika typer av ytbehandlingar

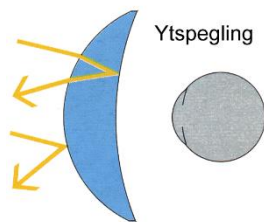
- * antireflexbehandling
- * UV-block
- * filter / absorption
- * vattenavstötande skikt
- * hårdhetsbehandling
- * yt- eller genomfärgade linser

Antireflexbehandling

Då ljus passerar från luft till ett material med ett annat brytningsindex, till exempel glas, förloras en del av ljuset genom reflektion vid gränssytorna. Hos en glaslins med brytningsindex 1,523 uppgår reflexförlusterna för både ytorna till ca 8 %. Det finns olika typer av reflexer.

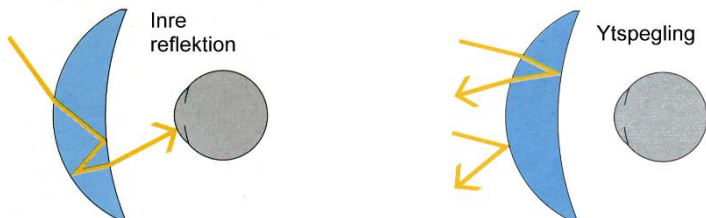
Reflexer från frontytan

Det är dessa reflexer man ser på fotografier av glasögonbärare eller när glasögonbärare framträder framför en TV-kamera.



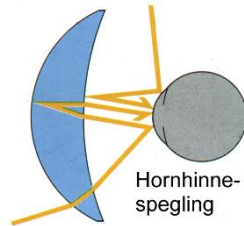
Reflexer från bakre linsytan

Då man står med ryggen mot ett fönster, återkastas ofta det ljus, som träffar linsens bakre yta in i ögat. Dessa reflexer kan också förekomma vid mörkerkörning, av reflexer från bakomvarande bilstrålkastare.



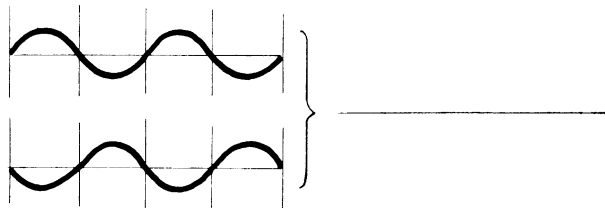
Hornhinnereflexer

Dessa reflexer märks främst på kvällen då ljus kastas från hornhinnan mot linsernas främre- och bakre ytor tillbaka in i ögat.

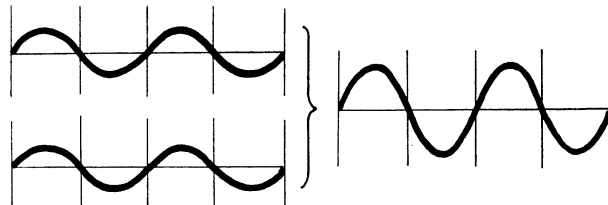


De uppkomna dubbelbilderna syns då mot mörk bakgrund. Dessa reflexer innebär för glasögonbärare att mindre ljus träffar ögat, bilden på näthinnan får sämre kontraster och personens öga syns sämre för andra betraktare.

För att få bort problemet med reflexer belägger man linsytorna med tunna optiska skikt, som genom interferens hindrar ljuset att reflekteras. Ljuset tvingas då genom linsen och kommer seendet tillgodo. Antireflexbehandling bidrar alltså till att sänka skillnaden i brytningsindex mellan luft och linsytan. Genom att kombinera skiktets tjocklek och brytningsindex (skiktets index skall vara lika med roten ur glasets index) kan de reflekterande strålarna från skiktytan och linsytan släckas ut genom destruktiv interferens. Detta kräver att de har samma amplitud och är fäsförskjutna.



Destruktiv interferens inträffar då två vågrörelser ligger en halv våglängd ur fas med varandra. Då träffar vågberg på vågdal och tvärtom. Det blir en utsläckning av ljuset



Konstruktiv interferens inträffar då två vågrörelser ligger i fas med varandra. Vågberg träffar på vågberg och tvärtom. Då blir amplituden dubbelt så stor som hos vågrörelserna var för sig.

Vid enkel AR-behandling läggs ett skikt på linsytan, som endast släcker ut reflexer av en våglängd. Forskningen har visat att det är naturligt och mest fördelaktigt att välja våglängden som motsvarar ögats känslighetsmaximum (555nm). Det återstående ljuset, främst blått och rött, blandas och ger en violett restreflex. Färgen i restreflexen vi ser är komplementfärgen till den våglängd som AR-skiktet släcker ut.

Genom att lägga på flera AR-skikt kan flera våglängden släckas ut och då åstadkoms reflexfria linser för hela den synliga delen av spektrumet. Detta kallas för flerskikts-AR eller bredbands-AR. Varje lager skapar sin egen restreflex, som kan fås att interferera med ljus av en viss våglängd. Antalet lager beror på vilket linsmaterial som används och vilka ämnen som ingår i AR-behandlingen. Restreflexen hos dessa behandlingar är som regel grön. Glaset får med denna behandling en transmission på över 99%.

För att AR-behandlingen skall vara så effektiv som möjligt krävs det att skiktämnet har följande egenskaper;

- *långt brytningsindex
- *hög transparens
- *mekanisk hårdhet
- *olösligt i vatten

När det gäller AR-skiktets brytningsindex på kronglas så bör ämnet ha ett index på 1,234.

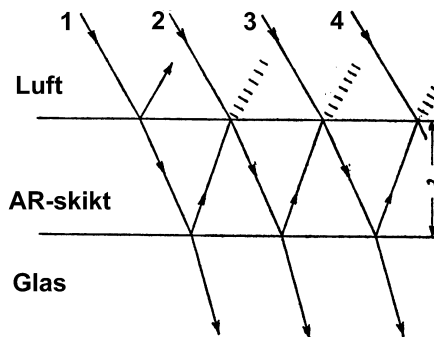
$$\Rightarrow n_{\text{skikt}} = 1,523 \Rightarrow n_{\text{skikt}} = 1,234 \quad n_{\text{skikt}} = \sqrt{n_{\text{skikt}}}$$

Eftersom det inte finns något fast ämne med så lågt brytningsindex måste man kompromissa och då använder man oftast magnesiumfluorid som har index 1,38.

Men vid AR-behandling på plastlinser kan man inte utsätta linserna för den höga värme som magnesiumfluoriden kräver. Ett lämpligt ämne är då kvarts, som har god vidhäftningsförmåga och hårdhet. Problemet är att kvarts har ett brytningsindex på 1,47, det vill säga för högt. Det problemet har man löst genom att först lägga ett högbrytande ämne på linsytan och därefter kvartsen utanpå.

Tillverkning av AR

Allmänt används som sagt magnesiumfluorid som skiktmaterial på kronglas. Detta material är hårt och har god vidhäftningsförmåga. Ytan rengörs först med ett flertal olika lösnings- och rengöringsmedel. Den noggranna rengöringen kompletteras med ett jonbombardemang under högvakuum för att avlägsna de sista vätskeresterna före ytbehandlingen. Lins och skiktämne upphettas sedan i en vakuumklocka. Denna upphettning sker på elektronisk väg så att skiktämnet förångas och sedan kondenseras på linsytan. De ytbehandlade linserna värmehärdas därefter vid ca 300° C för att förhöja AR-skiktets hårdhet och vidhäftningsförmåga.



Tjockleken på skiktet bör vara vald så att när reflexstrålen från gränsytan skikt / lins sammanträffar med reflexstrålen från gränsytan luft / skikt ska den ena strålens vågdal sammanfalla med den andra strålens vågberg.

Fördelar och nackdelar

Fördelar:

- * bättre kontrastseende
- * dubbelbilder minimeras
- * ökad transmission
- * mindre blänk från till exempel gatubelysning
- * kosmetiskt snyggare

Nackdelar:

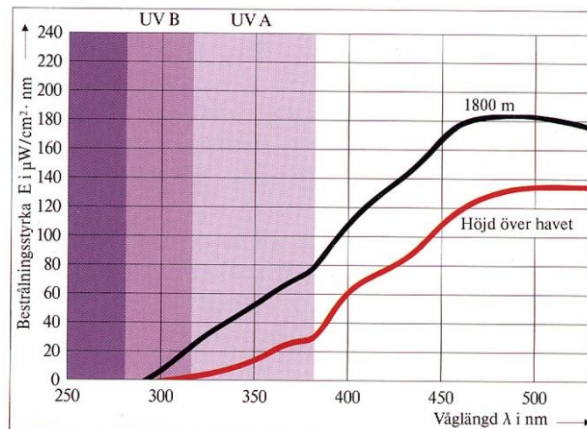
- * smutsen syns tydligare
- * kostar extra



UV-blockerande linser

Ultraviolett strålning är en osynlig strålning vars våglängdsområde ansluter till det synliga ljusets kortvågiga del i det elektromagnetiska spektrat. Den indelas ofta i UV C-strålning, UV B-strålning och UV A-strålning. För indelning i nm., se Optisk strålning.

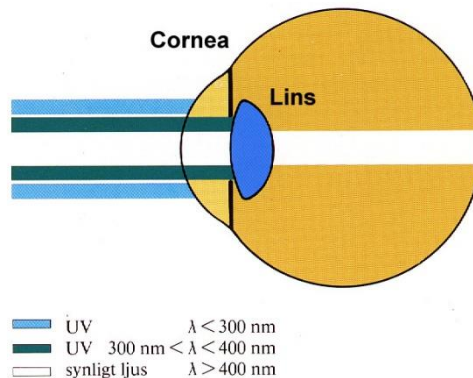
Ju högre över havet man befinner sig desto mer ökar UV-strålningens intensitet i solljuset. Även andra ljuskällor strålar inom UV-området. I glödlampsljus förekommer strålningen endast i ringa omfattning men däremot strålar lysrör även inom UV-området.



Den ultravioletta intensiteten i solljuset på olika höjdområden

UV-strålningens biologiska påverkan

Hornhinnan absorberar all UV-strålning vars våglängd är kortare än 290nm. Strålning med våglängder mellan 300 nm och gränsen för synligt ljus, 400 nm, absorberas nästan fullständigt av linsen.



UV A-strålning framkallar brunpigmentering i huden. Forskning talar också för ett samband mellan grå starr och exponering för UV A-strålning.

UV B-strålning i tillräcklig dos ger upphov till hudrodnad. Vid förstärkt UV B-strålning till exempel i fjällen vintertid kan det uppstå smärtsamma bindhinne- eller hornhinneinflammationer, man talar om snöblindhet. Det kan också framkallas av andra extrema ljusförhållanden, som vid elsvetsning.

UV C-strålning absorberas helt i luft. UV C-strålningen i solen filtreras därför bort i atmosfären och träffar aldrig jordytan.

De delar av ögat som finns bakom linsen är alltså relativt skyddade. Särskilda riskgrupper utgör dock afaker (saknar biologisk lins) och pseudoafaker med inopererade linser (IOL) utan UV-skydd. På marknaden finns dock nu IOL med UV-block.

I minerallinser kan en svag färg blandas i glasmassan tillsammans med UV-blockerande ämnen, medan man på plastlinser tillför färg och UV-blockare genom doppling.

Generellt vid en jämförelse mellan olika linsmaterial så blockerar vanliga plastlinser UV-strålning bäst. AR-behandling gör ingen skillnad. Därefter kommer högbrytande glas och sist vanligt obehandlade kronglas. UV-block kan fås i olika nivåer, beroende på krav, upp till total absorption under 400 nm.

Filter (absorptions) linser

Filterlinser är lätt tonade linser, som absorberar UV-strålningen kraftigare än ofärgade linser. De kan också, beroende på glassammansättningen vara infrarött (IR) absorberande. Denna selektiva absorption ger en kontrast-

höjande effekt. För att åstadkomma filterverkan tillsätts färgämnen till glas-massan eller så ångas ett metalloxidskikt på ytan.

Optisk strålning

Ultraviolet

UV C	100 - 280 nm
UV B	280 - 315 nm
UV A	315 - 380 nm

Synligt Ljus 380 - 780 nm

Infrarött

Ir A	780 - 1400 nm
Ir B	1400 -3000 nm
Ir C	3000 - 1 mm

Strålningsskador

- UV C Passerar ej atmosfären. Finns i svetsbågar, gamla kvartslampor
- UV B Hornhinneepitelskador. ljuskänslighet, svetsblänk, snöblindhet, solbränna
pterygium, pinguecula
- UV A Linsen. Cataract. **Obs!** hos afaker / IOL patienter utan UV-block i linsen har UV A fritt fram till näthinnan.

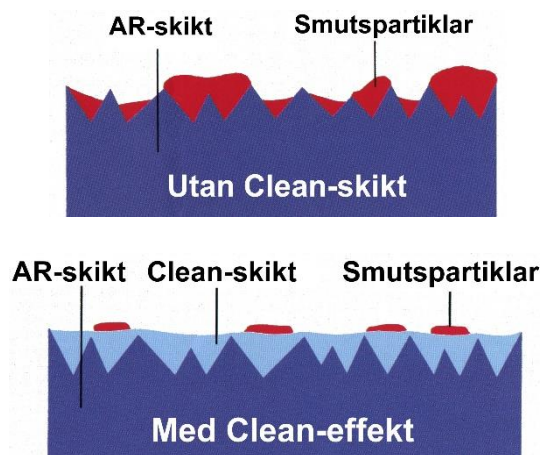
Synligt ljus Laser. Brännskador på näthinnan.

Blå strålning Kan vid långvarig exponering ge maculaskador, speciellt hos äldre.

Ir A	Näthinnan. Brännskador.
Ir B	Linsen. Cataract (Glasblåsarstarr.)
Ir C	Hornhinnan. Brännskada.

Vattenavstötande skikt, Clean skikt

Detta är en smuts och vattenavstötande behandling som läggs som ett ytskikt på linsen. Skiktets tjocklek är ca 5nm. Består av monomera siloxaner, som ingår en kemisk förbindelse med linsytan och ger ett skikt med en extremt finmaskig struktur. Detta ger en märkbart glattare yta, som medför att smutspartiklar och vattendroppar ej får fäste på linsen.



Repfri plast

Glasögonlinser är som bekant av mineral eller plast. Fördelen med plast är en avsevärd viktninskning, speciellt i högre styrkor. Problemet är att plast är ett mjukt material, som gör att det lätt uppstår repor på ytan. För att komma undan problemet har den optiska industrin tagit fram en behandling på linserna, som gör de mer tåliga mot repor. Tidigare har plastlinser behandlats med tunna lager av oorganiska kvartsmaterial, som har förångats på linserna i vakuum. Man var dock tvungen att lägga på förhållandevis "tjocka" kvartsskikt för att få ett fullgott skydd. Men den stora elasticitetsskillnaden mellan plastmaterialet och kvartsskiktet gjorde att man var tvungen att göra kvartsskikten tunnare vilket minskade den härdande effekten. Nu behandlar man plastlinserna med organiskt material, en silikonbas, som är väsentligt mer elastisk.

Plastlinserna genomgår först olika rengörings- och ultraljudsbad. Därefter doppas linserna i ett nytt bad där de bägge ytorna beläggs med den kemiska silikonbasen. Sedan torkas linserna i en dammfri miljö för att därefter placeras i en ugn där ytbehandlingen härdas.

Färgade linser

Minerallinser kan färgas genom två metoder, genomfärgning och ytfärgning. Plastlinser kan endast ytfärgas.

Genomfärgning

Färgen i dessa linser ligger i glasmassan i form av metallsulfider eller metalloxider. Dessa tillsätts vid nedsmältningen av glasmassan. Denna metod

medför en nackdel för linser med styrka, framför allt högre, eftersom linstjockleken inte är lika över hela linsen. Pluslinsen kommer att bli mörkare i de centrala delarna på grund av den större tjockleken där och omvänt blir det hos minuslinserna där de perifera delarna blir mörkare. Problem uppstår också vid stora styrkeskillnader mellan höger och vänster öga.

Överfångslinser

På grund av den nackdel som de genomfärgade linserna har med den ojämna absorptionen, tillverkas det i liten utsträckning så kallade överfångslinser.

En sådan lins består egentligen av två linser, en ofärgad styrkelins och en genomfärgad planlins. Planlinsen smälts/limmas fast på styrkelinsens minst kupiga sida. Viktigt är att linserna har samma utvidgningskoefficient, annars kan linserna spricka och släppa från varandra vid temperaturväxlingar. Fördelen med denna lins är att man får en jämn absorption över hela linsytan. Nackdelar är att linserna ej kan skäras med glasskärare och därefter kröjslas. De blir dessutom tjockare och tyngre.

Ytfärgning

Vanligare idag är att man ytfärgar linserna. Det sker genom förångning av en metalloxid i vakuum, som ger linsen önskad färgnyans.

Först rengörs linsen mycket noga, speciellt från fett. Därefter fästes linsen i en vakuumklocka. I dess botten under linserna finns metalloxiden i en ugn. Genom högvakuum och värme förångas oxiden och kondenseras på linsytan. När man fått fram önskad absorptionsgrad avbryts proceduren.

Fördelen med detta är att man kan färga redan formslipade linser och att linsen får en jämn absorption över hela ytan.

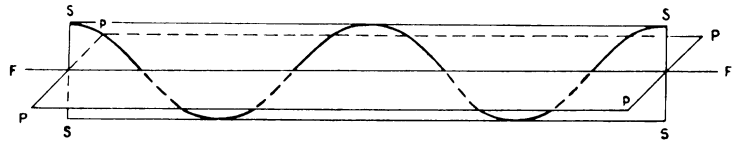
Plastlinser ytfärgas genom att de doppas ned i ett eller flera vätskebad. Båda ytorna blir färgade och ju längre tid i färgbadet desto mörkare blir linserna. Man kan också få olika färger genom att doppa linserna i olika färgbad. Färgen kan vid behov även avlägsnas i ett avfärgningsbad.

Gradalfärg är en stegvis ökad färgtoning uppåt i linsen. Till exempel 25% upptill och 5% nertill.

När man färgar plastlinser måste de vara av samma fabrikat för att undvika nyansskillnader på linserna.

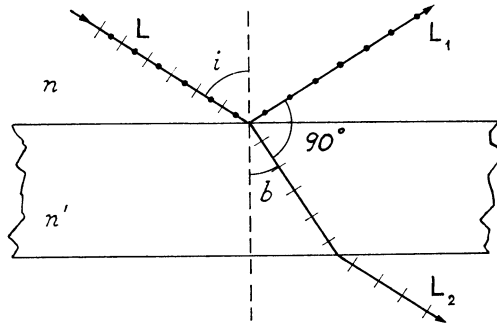
Polarisationslinser

Vanligt ljus, det vill säga opolariserat ljus, upplever vi överallt varje dag. I den ljusstrålen sker svängningarna i alla riktningar vinkelrätt mot strålens utbredningsriktning. När ljusstrålen blir polariserad innebär det att svängningarna bara sker i ett plan. Detta kallas för planpolariserat eller linjärt polariserat ljus.



Polarisation genom reflexion

Träffar ljuset en speglande icke metallisk yta, planpolariseras det helt eller delvis, till exempel när ljus träffar en vattenyta eller glasyta.



Om ljusstrålen L infaller mot en glasplatta, så reflekteras en del av ljuset L_1 , och en del L_2 , bryts genom glasplattan.

I den infallande strålen sker ju svängningarna i vinkelräta riktningar mot strålgången, men i både den reflekterande och den brutna strålen är ljuset planpolariserat. (L_1 svängningsplan är vinkelrätt mot den infallande strålens plan, och L_2 svängningsplan ligger 90° grader mot denna).

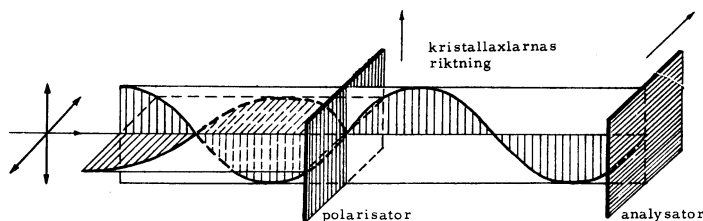
Om man vill ha en fullständig polarisation på detta sätt måste den infallande strålen komma från ett optiskt tunnare medium. Dessutom måste även infallsvinkeln vara av den storleken att reflektionsstrålen och den brutna strålen bildar 90° mot varandra. Om vinkeln inte är rät så består den brutna strålen och den reflekterade strålen av en blandning av plan-polariserat och vanligt ljus.

Polarisation som solskydd

I solglasögon ligger polarisationsfiltrets axel i 90° , och mildrar därmed horisontella reflexer från till exempel våta vägar eller vattenytor. Reflexen utsläcks inte helt eftersom det skulle förutsätta reflexer från en absolut horisontell yta. Men även opolariserat ljus eller ljus polariserat i ett annat plan dämpas genom att filtret är färgat och därmed ljusabsorberande.

Spänningsprovare

Spänningsprovaren är uppbyggd av två polarisationsfilter vridna 90° mot varandra. En ljuskälla lyser genom det ena polfiltret, som kallas polarisator. Linsen som ska undersökas placeras mellan polfiltren och betraktaren ser på linsen genom det andra filtret, som kallas analysator. På grund av dubbelbrytningen och ljusspridningen i linsen, som orsakas av spänningarna, ses partier med ljusare fält där bräckage eller flisor kan uppstå.



Härdade linser

Härdning av minerallinser kan ske på två sätt.

1. Värmehärdning (termisk härdning)
2. Kemisk härdning

Värmehärdning

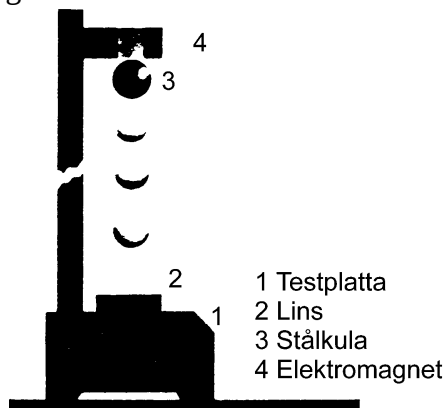
Värmehärdning går till på så sätt att minerallinsen placeras i en ugn, som hettar upp den till $600-700^\circ \text{C}$ under 2-5 minuter. Tiden är beroende av linsens storlek, vikt och vilken typ av lins som skall hårdas. Ju större och tjockare lins desto längre tid i ugnen. Centrumtjockleken bör vara minst 2,2 mm (industritjocklek) och kanttjockleken bör ej understiga 1,8 mm. Styrkan bör inte vara högre än 6 dptr och den astigmatiska differensen bör heller inte vara för stor. Risken för sprickbildning ökar när skillnaden mellan kant och mitttjocklek blir för stor.

Sedan avkyls linsen genom att kalluft blåses på bägge sidor. Ugnen har värmt upp linsen till nära smältpunkten och när linsens ytor avkyls, kyls ytorna ner

fortare än linsens inre delar. Denna process, att ytorna kyls ner medan de inre delarna fortfarande är varma, leder till att linsytan drar ihop sig och ett spänningstillstånd skapas. Detta gör att linsen blir hårdare men linsen behåller ej denna motståndskraft om den skadas. Ju fler gånger linsen skadas desto mer går denna motståndskraft förlorad. Av denna anledning formslipas linsen innan härdning.

Värmehärdning används för ofärgade och färgade linser men är olämplig för fototropa och högindexlinser. Ytbehandlade linser går att härda, men tiden bör i dessa fall reduceras något. Fördelen med värmehärdning är att det är en snabb metod.

Alla härdade linser kontrolleras i det så kallade ”stålkuletestet”. Det innebär att en stålkula får falla ner på glaset från 1,27 meters höjd. Håller linsen för en kula som väger 44 gram, är den godkänd.



Slaghållfastheten ökar ca 12 gånger vid värmehärdning, men skulle härdningen brista blir splittret som grus, små bitar utan vassa kanter. Det är också möjligt att avgöra om linsen blivit härdad genom att observera den i en spänningsprovare. I den härdade linsen framträder då ett så kallat malteserkors.

Kemisk härdning

I den kemiska härdningen doppas linserna ner i ett vätskebad, som består av ”flytande salt”. Saltbadet har en temperatur på 400-500° C. För ofärgade och färgade linser används kaliumsalt. För fototropa linser används en lägre temperatur, varför en blandning av kalium- och natriumsalt är mera lämpligt. Under härdningens gång reagerar de mindre natriumjonerna på linsens yta med de större kaliumjonerna i saltbadet. Fig 3. Detta gör att ytan får en tätare struktur och bildar ett spänningstillstånd på ytan som gör den hårdare.

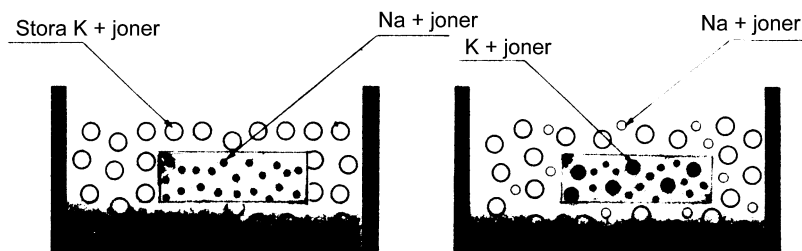


Fig 3. Kemisk härdning

För att åstadkomma en tillräcklig verkan måste linsen ligga i saltbadet i ca 16 timmar. Efter härdningen rengörs linsen nog.

Kemisk härdning ger en större motståndskraft mot slag och stötar än värmehärdning och ger linsen en mer glatt och seg yta. Den bibehåller också sin motståndskraft bättre om den skadas. Den blir heller aldrig "förvrängd" vilket kan hända under värmehärdning.

Om en kemiskt härdad lins brister, beter den sig precis som en vanlig kronglaslins, det bildas bitar med vassa kanter.

Linserna kräver ej någon speciell tjocklek, även mycket tunna linser kan härdas. För fototropa linser och linser med höga brytningsindex är kemisk härdning speciellt lämpad. Den fototropa effekten avtar nämligen vid för hög uppvärmning. De kemiskt härdade linserna ger inte upphov till något malteserkors i spänningsprovaren.

Kemisk härdning används också för speciallinser, som riskerar att förlora sin ytterst exakta optik vid uppvärmning.

Plastlinser härdas inte men däremot kan man göra skyddsglasögonen något tjockare.

Standardisering för härdade linser

I de flesta länder finns bestämmelser för hur mycket så kallade industriglas skall tåla, det vill säga linser som används som arbetsglasögon - skyddsglasögon. Fransk standard, tysk DIN 4646 och Svenska Arbetarskyddsstyrelsens ASS 45:3, anger att linserna skall klara stålkuletestet. I USA anger FDA två olika grader för slagfasthet, dels för linser för allmänt bruk (gäller även solglas) dels för skyddsglas. För allmänt bruk gäller stålkuletest med en 16 gram stålkula från 1,27 meter (Feb-72), och för skyddsglas en 68 gram tung stålkula från samma höjd (ANSI Z87.1:1968). Här anges också minsta mittjocklek på 3,0 mm och minsta kanttjocklek på 2,5 mm. Likaså ska stålkulans storlek vara 1,00 inch i diameter.

Brittisk standard (BS 2092:67) anger tre olika grader av slagfasthet. Det som gäller för linser för allmänt bruk är grad ett och två. Här anges stålkuletestet med en 44 grams kula från 1,27 meter. Kulans diameter skall vara 7/8 inch och testet är en kvalitetskontroll endast för värmehärdade linser. Övriga linser testas med 6 mm stor kula som träffar linsen med en hastighet av 12,2 m/s.

Kommentarer

Ämnet tekniska landvinningar kan göras mycket omfattande men författaren har valt, av praktiska skäl, att inte i detalj försöka beskriva alla nyheter vad gäller exempelvis olika progressiva korrektionsglas. Den speciellt intresserade hänvisas till respektive leverantör/tillverkare för att få uppdaterad information.

Bilderna kommer från de olika leverantörernas försäljningsmaterial. En del bilder är så gamla att den leverantör som använde dessa inte längre finns på marknaden medan annat är modernare och där har leverantören godkänt användning.