

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2020/2021

**MATĚJ
FIŠER**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů**

Individuálně zhotovené brýle

Inividually made spectacle frames

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor práce: Matěj Fišer

Vedoucí práce: Mgr. Jakub Král

Kladno 2021



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Fišer** Jméno: **Matěj** Osobní číslo: **483406**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra přírodovědných oborů**
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**
Studijní obor: **Optika a optometrie**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Individuálně zhotovené brýle

Název bakalářské práce anglicky:

Individually made spectacle frames

Pokyny pro vypracování:

Student popíše v úvodních kapitolách anatomii obličeje a oka. V dalších kapitolách popíše materiály a typy brýlových obrub vyskytující se na trhu. Popíše legislativní povinnosti při prodeji brýlových obrub. V praktické části student zpracuje postup individuálně zhotovované korekční pomůcky (brýle) z materiálu acetátu celulózy.

Seznam doporučené literatury:

- [1] NAJMAN, L., Dílenská praxe očního optika, ed. 2, Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotních oborů, Brno, 2010, ISBN 978-807-0135-297
- [2] KUCHYNKA, P., Oční lékařství, ed. 2., Praha: Grada Publishing, 2016, ISBN 978-80-247-5079-8
- [3] ELLIOTT, D., Clinical procedures in primary eye care, ed. 5th, Philadelphia: Elsevier, 2020, ISBN 9780702077890


Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Mgr. Jakub Král

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **15.02.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **18.09.2022**


prof. RNDr. MUDr. Petr Maršálek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) katedry


prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
podpis děkana(ky)

Název bakalářské práce: Individuálně zhotovené brýle

Abstrakt:

Tato práce se zabývá brýlovou technikou. V teoretické části jsou popsány konstrukční typy brýlových obrub, které se běžně vyskytují na trhu a typy obrub z hlediska funkčního využití. Dále je v ní popsán historický vývoj brýlové korekce z hlediska materiálů a konstrukcí od jejího počátku až do současnosti. Tato část také obsahuje stručnou anatomii obličeje a oka a legislativní povinnosti při prodeji brýlí. Hlavním cílem teoretické části bylo popsat materiály, ze kterých se brýlové obruby vyrábí. U materiálů byly popisovány procesy, kterými se získávají, jejich chemická podstata, chemické a mechanické vlastnosti a procesy, kterými se z nich běžně vyrábí brýlové obruby nebo jejich komponenty. V rámci praktické části bylo prováděno měření na figurantech a z naměřených hodnot byly vypočteny poměry a vztahy, kterými se lze řídit při konstrukci individuální brýlové obruby. Dále se praktická část zabývá samotným procesem výroby obruby z acetátu celulózy.

Klíčová slova:

Brýlová obruba, brýlové materiály, individuální přístup, proces výroby

Bachelor's Thesis title: Materials of spectacle frames

Abstract:

This bachelor's thesis is about spectacle technology. In theoretical part are described the construction types of spectacle frames commonly occurring on the market and the types of spectacle frames according to their functional use. In the next chapter is described historical development of spectacle correction from its beginning to the present. This part also contains a short chapter about anatomy of the face and eyeball. It also contains summary of legislative obligation of an optician. The main goal of the theoretical part is the description of materials used in the manufacture of spectacle frames. It focuses on processes by which we obtain these materials, their chemical composition, chemical and mechanical properties and spectacle manufactory processes. In the practical part was performed the measurement of the clients. From the measured values, the ratios and relationships that can be followed in the construction of an individual spectacle frame were calculated. Then the practical part deals with the production process of the spectacle frame made of cellulose acetate.

Key words:

spectacle frame, spectacle materials, individual approach, production process

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu práce panu Mgr. Jakubovi Královi.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*individuálně zhotovené brýle*“ vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k projektu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V *Kladně* dne

.....

podpis

Obsah

1	Úvod	7
2	Anatomie obličeje a oka	8
2.1	Anatomie lebky	8
2.1.1	Mozková část	9
2.1.2	Obličejová část	10
2.2	Anatomie očnice	11
2.3	Anatomie oka	12
2.3.1	Tunica fibrosa	12
2.3.2	Tunica vasculosa	13
2.3.3	Tunica interna	15
2.3.4	Optická prostředí	17
3	Historie brýlové korekce	18
4	Rozdělení brýlových obrub	23
4.1	Rozdělení podle konstrukce	23
4.1.1	Obruby s očnicemi	23
4.1.2	Poloobruby	24
4.1.3	Obruby bez očnic	25
4.2	Rozdělení podle funkce	25
4.2.1	Korekční obruby	25
4.2.2	Sportovní obruby	25
4.2.3	Ochranné obruby	28
5	Materiály pro výrobu brýlových obrub	29
5.1	Přírodní materiály	29
5.1.1	Kůže	29
5.1.2	Dřevo	30
5.1.3	Želvovina	31

5.1.4	Rohovina	31
5.1.5	Kost	32
5.2	Kovové materiály	32
5.2.1	Hliník (Aluminium)	33
5.2.2	Měď (Cuprum)	34
5.2.3	Nikl (Niccolum)	35
5.2.4	Titan (Titanium)	36
5.2.5	Ocel	37
5.2.6	Zlato (Aurum)	38
5.2.7	Hořčík (Magnesium)	39
5.2.8	Beryllium	40
5.3	Umělé – plastové materiály	40
5.3.1	Celuloid – nitrát celulózy (CN)	41
5.3.2	Acetát celulózy (CA)	42
5.3.3	Aceto-propionát celulózy (CP)	44
5.3.4	Aceto-butyrát celulózy (CAB)	44
5.3.5	Polymethylmetakrylát (PMMA)	45
5.3.6	Polyamid (PA)	46
5.3.7	Optyl- epoxidové pryskyřice (EP)	47
5.3.8	Polyeterimid (PEI)	47
5.3.9	Akrylonitrilbutadienstyren (ABS)	48
5.3.10	Polykarbonát (PC)	48
5.3.11	Trivex	49
5.3.12	Polyvinylchlorid (PVC)	50
5.3.13	Silikonový kaučuk	50
5.3.14	Hytrel	51
5.4	Kompozitní materiály	52

5.4.1	Uhlíkové vlákno	52
5.4.2	Skleněné vlákno	53
5.4.3	Kevlar	53
6	Legislativní povinnost při prodeji brýlí	54
7	Praktická část	56
7.1	Úvod do praktické části	56
7.2	Metodika	57
7.3	Naměřené hodnoty a výpočty	58
7.3.1	Poměr šířky hlavy na spáncích a u vnějších koutků očí	58
7.3.2	Poměr šířky hlavy na spáncích a celkové šířky brýlového středu	60
7.3.3	Poměr mezi vzdáleností středů očnic a PD	61
7.3.4	Poměr mezi PD a šířkou očnice udávané výrobcem	63
7.3.5	Úhel rozevření straníc	64
7.3.6	Úhel sklonu kořene nosu	66
7.4	Aplikace vypočtených poměrů	68
7.5	Proces výroby individuální brýlové obruby	70
8	Diskuze	75
9	Závěr	77
10	Citovaná literatura	78
11	Seznam symbolů a zkratk	84
12	Seznam obrázků	85
12.1	Seznam tabulek	87

1 Úvod

Počátek brýlové techniky se datuje již do 13. století. První brýle představovaly pouze brýlový střed a nosník. Teprve až v 18. století se objevily první brýle se spánkovými stranicemi a konstrukcí tak, jak známe brýle dnes. Od té doby se zdokonalovala jak jejich konstrukce, tak i materiály pro jejich výrobu. Nejprve byly používány přírodní materiály, postupem času se začaly používat materiály kovové, plastové a kompozitní.

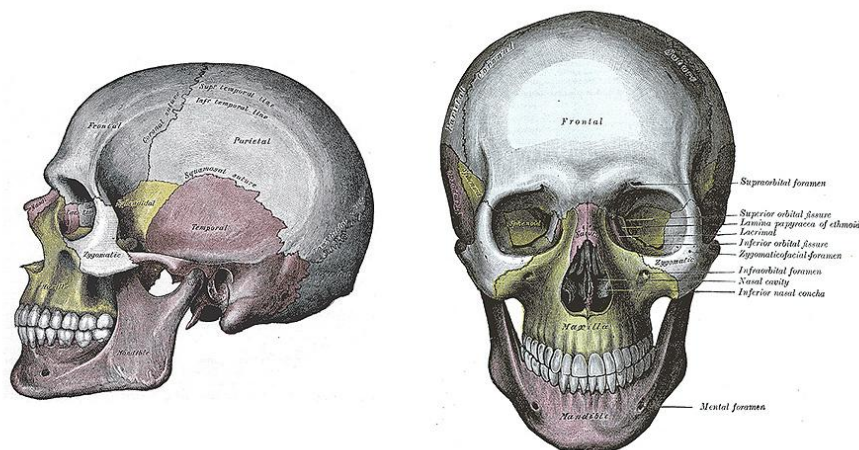
Vývojem nových technologií výroby se zvýšila kvalita materiálů používaných pro výrobu brýlových obrub a zároveň se snížila jejich cena. To vedlo k rozšíření zájmu o kvalitní korekci zraku. Dnes jsou tak brýle nejrozšířenějším způsobem oční korekce. Brýlové obruby jsou optickými manufakturami produkovány ve velkoobjemových sériích. Manufaktury vyrábí různé modely a mezi sebou se předhánějí v počtu prodaných kusů. Jimi vyráběné brýle jsou navrhovány v mnoha tvarech, velikostech, s různými délkami stranic a velikostmi nosníků. Parametry brýlových obrub jsou odvozovány od anatomických proporcí určitého výseku z populace tak, aby brýle seděly a vyhovovaly co možná největšímu počtu lidí. Zákonitě se však musí objevit někdo, komu takové sériově vyráběné brýle vyhovovat nebudou. Právě zde vzniká jakási díra na trhu, kterou lze vyplnit individuálně zhotovenými brýlovými obrubami.

2 Anatomie obličeje a oka

Při výběru vhodných brýlí musí často oční technik, optik nebo optometrista prokázat své znalosti v oboru anatomie a morfologie hlavy. Rozměry a tvary brýlové obruby musí vycházet z anatomických a fyziologických proporcí nositele, tak aby bylo co možná nejvíce vyhověno jeho nárokům a zároveň byly brýle funkční z hlediska korekce refrakční, či jiné oční vady. Je proto důležité znát anatomii a morfologii hlavy, zejména pak obličejové části lebky. Dále pak funkční anatomii kožní, cévní a nervové soustavy.

2.1 Anatomie lebky

Hlavní anatomické a fyziognomické proporce člověka vytváří kostní tkáň. Ta v lidském těle tvoří kostru, pasivně pohyblivou oporu. Kostru hlavy pak představuje lebka, latinsky nazývaná cranium. Slouží jako ochranná schránka pro mozek a základní smyslové orgány. Je tvořena plochými kostmi nebo kostmi nepravidelného tvaru. U dospělého jedince se lebka skládá z 22 kostí, které jsou spojeny pevnými vazivovými spoji, tzv. lebečními švy. Jediné pohyblivé spojení nalezneme mezi dolní čelistí a spánkovou kostí. Je označované jako čelistní kloub. U novorozenců jsou kosti lebky relativně volné a jsou spojeny vazivovými membránami, tzv. fontanelami. Kostru hlavy obvykle rozdělujeme na část mozkovou a obličejovou. (1) (2)



2-1 Lebka (3)

2.1.1 Mozková část

Mozková část lebky (neurocranium) tvoří vejčité kostěné pouzdro mozku a některých smyslových orgánů. Je tvořena vyklenutou horní plochou lebečních kostí, kterou označujeme jako lebeční klenbu (kalvu). Miskovitá členitá spodina lebky je označovaná jako lebeční báze. Kalva a báze spolu uzavírají lebeční dutinu. Neurocranium je tvořeno kostí týlní, klínovou, čichovou, čelní, dvěma kostmi temenními a dvěma kostmi spánkovými. (2)

Kost týlní (os occipitale) vytváří celý zadní oddíl lebky. Tenčí část týlní kosti se spolupodílí na stavbě lebeční klenby. Zbývající část tvoří lebeční bázi. Na jejich přechodu se nachází velký týlní otvor (foramen magnum). Ten navazuje na páteří kanál, kterým vstupuje do lebeční dutiny mícha. Zevně od týlního otvoru jsou uloženy dva týlní hrboly (condyli occipitales), na které v atlantookcipitálním skloubení přiléhá atlas, první krční obratel. (1) (4)

Kost klínová (os sphenoidale) se nachází před kostí týlní a tvoří střední úsek lebeční spodiny. Skládá se z krychlovitého těla a z něj vybíhajících malých a velkých křídel, která se připojují k dolní čelisti, kosti čelní, temenní a spánkové. Malá křídla pak spolu s tělem klínové kosti uzavírají zrakový kanál. V těle kosti klínové je dutina, která je součástí systému vedlejších nosních dutin. Kostní strop je prohlouben a vytváří turecké sedlo, sedlovou jámu, ve které je uložen podvěsek mozkový. (2) (1)

Kost spánková (os temporale) je párová kost složitěho tvaru. Svou pyramidou je vsazena mezi kost klínovou a týlní. Pyramida je tvořena tzv. kostí skalní, která svému jménu dostala díky své tvrdosti. Obsahuje složitý systém dutinek a kanálků, kterými probíhá řada nervů, a ve kterých se nachází sluchově rovnovážné ústrojí. Do těchto prostor ústí otvor vnitřního a zevního ucha. Zevní část spánkové kosti je pak tenká, šupinovitá a podílí se na utváření lebeční klenby. Na spodní ploše spánkové kosti se nachází bradavkový výběžek a ostrý bodcovitý výběžek, na který je zavěšena jazylka a hrtan. (4) (1)

Kost čichová (os ethmoidale) se spolupodílí na stavbě přední části lebeční spodiny, stropu nosní dutiny a očnice. Je členěna drobnými skořepami. (1)

Kost čelní (os frontale) tvoří přední část lebeční dutiny. Podílí se na tvorbě kostěného podkladu čela, orbity a vedlejších nosních dutin. (4)

Kost temenní (os parietale) je párová kost tvaru čtyřhranné misky. Tvoří vrchol lebeční klenby. Okraje těchto kostí jsou s ostatními kostmi spojeny hlavními lebečními švy. S kostí čelní vytváří kost temenní šev korunový, s kostí týlní šev lambdový a obě kosti temenní jsou spojeny švem šípovým. (5) (1)

2.1.2 Obličejová část

Obličejová část (splanchnocranium) zepředu nasedá na lebeční spodinu. Oproti části mozkové je o poznání menší, zvláště pak u dětských lebek. Kostí obličejové části obklopují dutiny, které jsou začátky trávicí a dýchací soustavy. Vytvářejí také orbity, neboli dutiny očníkové, ve kterých jsou uloženy oční bulby, okohybné svaly, slzné žlázy a další přídatné orgány. Pevně spojené kosti obličejového oddílu jsou přibližně klínového tvaru. Jediné pohyblivé spojení se nachází mezi spodní čelistí a spánkovou kostí. Obličejovou část tvoří kosti párové jako horní čelist, lící kosti, nosní kosti, slzní kosti a kosti patrové. Dále pak dolní čelist, kost radličná a jazylka. (1) (4)

Horní čelist (maxilla) je párová kost horního oddílu obličejové části lebky. Je tvořena tělem, frontálním výběžkem a výběžkem lícím, ve kterém se spojuje s kostí lící. V jejím těle se nachází dutina, která je největší z vedlejších nosních dutin. Spodní okraj maxilly vybíhá v podkovovitý dásňový výběžek, do kterého jsou usazeny zuby horní čelisti. Spodní plocha pak tvoří kostěný základ tvrdého patra. (1) (2)

Lící kost (os zygomaticum) je párová kost spojující se s maxillou v oblasti jejího lícího výběžku. Výběžky lících kostí jsou spojeny s kostmi spánkovými, čímž vytváří jařmové oblouky, jejichž tvar a velikost se podílí se na celkovém výrazu tváře. Lící kosti také tvoří jednu ze stěn orbity. (2)

Kost nosní (os nasale) je párová kost, jejíž velikost je individuální. Má tvar obdélníku. Je spojená s čelní kostí a frontálním výběžkem horní čelisti. Mezi sebou jsou obě nosní kosti spojeny vazivovým švem. Nosní kosti tvoří kostěný základ kořene nosu. (1)

Slzní kost (os lacrimale) je párová kost tvořící vnitřní část kostěné orbity. Nachází se v ní prohlubeň, ve které je uložen slzný váček. (2)

Patrová kost (os palatinum) je také párovou kostí obličejové části lebky. Je tvořena lamelami, které spolu svírají prakticky pravý úhel a připomínají tak písmeno L. Vodorovná lamela se spolupodílí na tvorbě tvrdého patra. Svislá potom na tvorbě skořep nosní dutiny. (2) (4)

Kost radličná (vomer) je plochou drobnou kostí, která tvoří část nosní přepážky. (1)

Dolní čelist (mandibula) představuje spodní pohyblivý oddíl obličejové části lebky. Skládá se z podkovovitého těla a dvou ramen. Tělo se skládá ze dvou polovin, které srůstají průběhem prvního roka života. V přední části se nachází bradový výběžek. V těle dolní čelisti se také nachází zubní lůžko, ve kterém jsou uloženy zuby. U dospělého člověka svírají ramena dolní čelisti s jejím tělem úhel zhruba 120-125 °. Ramena na svém konci vybíhají ve výrazné výběžky. Přední, menší, slouží k uchycení některých žvýkacích svalů. Zadní a výrazně větší výběžek slouží jako kloubní výběžek. Jeho hlavička je usazena do jamky ve spánkové kosti, čímž je zajištěno pohyblivé spojení tvořící funkční žvýkací ústrojí. (2)

Jazyk (os hyoideum) je uložena pod dolní čelistí. Jde o drobnou kůstku, která je dlouhými vazy připojena k lebeční spodině. Je na ní částečně zavěšen hrtan. (1)

2.2 Anatomie očníce

Očníce, dutina očnícová, či orbita je pojmenování pro kostěný prostor v obličejové části lebky. Je vyplněný očním bulbem, okolním tukovým vazivem, okohybnými svaly, slznou žlázou, slzovodem, cévami a nervy. Má tvar čtyřboké pyramidy, jejíž bázi tvoří vchod do orbity (ritus orbitae). Orbitu tedy tvoří čtyři stěny a to mediální, laterální, horní a dolní. Stěny orbity se pak spojují ve vrcholu očníce (apex orbitae), kde se nachází canalis opticus. Tím prochází zrakový nerv (nervus opticus) a arteria ophtalmica.. (1) (6)

Mediální stěnu tvoří frontální výběžek horní čelisti, kost slzní, lamina orbitalis ossis ethmoidalis a ala minor ossis sphenoidalis. Tato stěna je nejtenčí a je označována jako lamina papyracea. Horní stěnu tvoří čelní kost. Laterální stěna je tvořena kostí lící a ala major ossis sphenoidalis. Dolní stěna se skládá z kosti lící, těla horní čelisti a orbitálního výběžku kosti patrové. (2)

2.3 Anatomie oka

Oko neboli oční koule (bulbus oculi) je vlastní receptní smyslový párový orgán náležící zrakovému ústrojí. K oku jsou připojeny další struktury a orgány, zajišťující pohyblivost, ochranu a další funkce bulbu. Takovými orgány jsou například víčka, spojivka, slzný aparát, okohybné svaly a cévy a nervy v očníci. Jsou označovány jako přídatné orgány oka. Zrakové ústrojí nám pomocí receptorů uložených v sítnici umožňuje vnímat elektromagnetické vlnění o určitých vlnových délkách. Takové záření označujeme jako viditelné spektrum elektromagnetického záření. Díky tomuto ústrojí tak můžeme vnímat jak světlo a jeho kvality, tak i tvar, pohyb a prostorové rozložení předmětů. (1) (7)

Oko je uloženo tukovém polštáři v dutině očníce, kterou zezadu ohraničují kosti očníce a zepředu víčka a další přídatné orgány. Má přibližně kulovitý tvar, přičemž předozadní osa je delší než osy vertikální a transversální. Ze zadní poloviny očního bulbu vystupuje zrakový nerv a vstupuje do něj tepna přivádějící krev. Části bulbu, kterými prochází světelné paprsky, jsou průhledné, aby co nejvíce paprsků dopadalo na sítnici. Stěny bulbu jsou tvořené třemi vrstvami. Vnější vrstva se nazývá tunica fibrosa, střední vrstva tunica vasculoza a vnitřní vrstva je označovaná jako tunica interna. (7)

2.3.1 Tunica fibrosa

Tunica fibrosa je vnější vrstva, která tvoří pevný vazivový obal oční koule. V zadní části bulbu ji tvoří bělima a v přední ploše přechází do průhledné rohovky. (7)

Bělima (sclera) tvoří téměř 4/5 povrchu tunici fibrosy. Je to pevná vazivová a neprůhledná blána bílé barvy. Její tloušťka se pohybuje od 0,2-0,3 mm. Obsahuje kolagen a elastická vlákna. Vzadu jí spolu s tepnami a žilami prostupuje optický nerv. Upínají se na ní okohybné svaly a její hlavní funkcí je ochrana bulbu. (7) (6)

Rohovka (cornea) je menší a průhledná část tunici fibrosy. Má větší zakřivení než bělima. Má kruhový tvar a při svém okraji, limbu přechází ve scleru. Rohovka není cévně protkaná. Vyživována je komorovou vodou, kterou je omývána zezadu a částečně slzným filmem, který pokrývá její přední povrch. Lidská rohovka se skládá z pěti vrstev: (7)

1. Přední epitel rohovky – vícevrstevný dlaždicový epitel
2. Bowmanova membrána – přispívá ke stabilitě a odolnosti rohovky; je tvořena kolagenními vlákny
3. Stroma rohovky – nejsilnější vrstva tvořená svazky paralelně uspořádaných kolagenních fibril, které se vzájemně kříží přibližně v pravém úhlu
4. Descemetova membrána – homogenní struktura mající charakter bazální laminy
5. Zadní epitel rohovky (endotel) – jednovrstevný plochý epitel; je odpovědný za stupeň dehydratace rohovky (6) (7)

Lidská rohovka získává díky svému zakřivení značnou optickou mohutnost. Ta představuje zhruba 2/3 celkové optické mohutnosti oka a to ± 43 D. Spolu s oční čočkou se podílí na lomu světelných paprsků na sítnici. (6)

2.3.2 Tunica vasculosa

Tunica vasculosa, neboli živnatka (uvea) je střední vrstva oční koule. Je hustě protkána cévami a obsahuje velké množství pigmentových buněk. V zadní části bulbu ji tvoří cévnatka, která v oblasti ora serrata přechází v řasnaté těleso. Součástí živnatky je také duhovka. Hlavní funkcí živnatky je výživa oční koule a obstarání akomodace oční čočky. (1)

Cévnatka (choroidea) je plošně největší složkou stěny lidského oka. Je to velmi tenká vrstva vaziva, která je bohatá na cévy a pigmentové buňky. Naléhá na vnitřní plochu skléry v oblasti optické části sítnice. Je tvořena čtyřmi vrstvami, které jsou směrem od skléry uspořádány v pořadí lamina suprachoroidea, lamina vasculosa, lamina chorocapillaris a lamina vitrea. Choroidea vyživuje hluboké vrstvy sítnice. (7)

Řasnaté těleso (corpus ciliare) je tvořené kolagenním vazivem, které obsahuje četné krevní kapiláry, elastická vlákna a velké množství hladké svaloviny. Ta v řasnatém tělesu tvoří sval (musculus ciliaris), který slouží k akomodaci. Stažením vláken ciliárního svalu dochází k uvolnění závěsného aparátu čočky, která se tak vlastní elastickou silou vyklene. Povrch řasnatého tělesa je kryt dvouvrstevným epitem. Ten představuje přímé pokračování sítnice, které se označuje jako pars ciliaris retinae. Spolu s epitemem zadní plochy duhovky (pars iridica retinae) tvoří slepou část sítnice (pars caeca retinae), která navazuje na optickou část sítnice v oblasti ora serrata. (1) (7)

Duhovka (iris) je tenká vazivová blanka vybíhající z řasnatého tělesa, která leží před čočkou. Tvoří mezikruží s nepatrně nasádně decentrovaným otvorem, který se nazývá zornice neboli pupila. Duhovka rozděluje přední segment oka na přední a zadní komoru. Tvoří ji několik vrstev: (6) (7)

1. Přední epitel – chrání povrch duhovky přiléhající do přední oční komory.
2. Přední vrstva hraniční – je tenká, bezcévná vrstva obsahující velké množství pigmentových buněk.
3. Stroma iridis – je tvořeno řídkým vazivem. Obsahuje kolagenní vlákna a interfibrilární hmotu. Obsahuje také velké množství cév. Kolem pupily jsou v něm koncentricky uspořádány buňky hladké svaloviny, které tvoří mutulus sphincter pupillae.
4. Pars iridica retinae – zadní vrstva hraniční, obsahuje buňky s četnými miofilamenty, které označujeme jako musculus dilatátor pupillae. Obsahuje také buňky pigmentové, které zabraňují pronikání světla do oční koule. (7) (8)

Hlavní funkcí duhovky je clonění a omezování množství slunečních paprsků vstupujících do oka. Pupila se rozevívá při nedostatku světla a akomodaci oka na dálku. Při akomodaci na blízko a při dostatku světla se pupila naopak rozšiřuje. Důležitým místem je také duhovko-rohovkový úhel a jeho trámčina, kde dochází k odvodu nitrooční tekutiny. (7)

2.3.3 Tunica interna

Tunica interna, či tunica nervosa je označení pro vnitřní nervovou vrstvu oční koule. Je tvořena sítnicí, která vystýlá vnitřní část bulbu.

Sítnice (retina) je vnitřní vrstva oční koule. Rozdělujeme ji na slepou část (pars caeca retinae) a optickou část (pars optika retinae). Slepá část leží v přední části bulbu v oblastech řasnatého tělesa. Jejími částmi jsou pars ciliaris retinae a pars iridica retinae. Obsahuje pouze pigmentový epitel, takže není zodpovědná za vznik nervového vzruchu. Na zadním okraji řasnatého tělesa, v oblastech tzv. ora serrata, přechází v slepou část sítnice v část optickou. Ta má své světločivné a nervové elementy uspořádané v několika vrstvách: (7) (8) (9)

1. **Pigmentový epitel** – je nejzevnější vrstva sítnice. Jedná se o jednovrstevný kubický epitel, jehož výběžky, obsahující četné melanosomy, vystupují mezi tyčinky a čípky. Hlavní funkcí pigmentového epitelu je výživa a transport kyslíku k světločivným buňkám sítnice. (9)
2. **Vrstva fotoreceptorů** – je vrstvou obsahující světločivné buňky. Ty máme dvojího druhu a jsou to tyčinky a čípky. Tyčinky a čípky jsou prvními neurony zrakové dráhy. (7)

Tyčinky jsou fotoreceptory zajišťující černobílé vidění. V lidské sítnici jich nalezneme asi 120 milionů. Jsou složeny ze zevního fotosenzitivního segmentu a vnitřního segmentu, ve kterém probíhají metabolické procesy. V zevním segmentu je v plochých vezikulách tvořených membránami uloženo zrakové barvivo (purpur), který se nazývá rhodopsin. Při dopadu světla dochází k fotochemickému procesu, při kterém rodopsin mění svou barvu a vyvolává nervový vzruch. Ten vychází neuritem světločivné buňky na jejím druhém konci a je předán dendritu buňky bipolární. (7) (9)

Čípky jsou fotoreceptory, které slouží k zajištění barevného vidění. Ve svých membránách obsahují barvivo rodopsin. Rozlišujeme tři typy čípků, které dokážou vnímat světlo o různých vlnových délkách. Jsou to čípky pro červenou, zelenou a modrou barvu. Celkem obsahuje lidské oko kolem 6-7 milionů čípků. Svou stavbou se podobají tyčinkám, mají však jiný tvar. Jsou kratší, silnější a konické. Podobně jako tyčinky jsou schopné při dopadu světla vyvolat, vlivem fotochemické reakce, nervový vzruch, který je neuritem odváděn na synapse čípku s dendrity bipolárních buněk. (9)

3. **Membrana limitans externa** – je tvořena výběžky gliových Müllerových buněk.
4. **Zevní vrstva jádrová** – obsahuje jádra tyčinek a čípků.
5. **Zevní vrstva plexiformní** – je oblastí synapsí mezi tyčinkami a čípkami a dendrity bipolárních buněk sítnice.
6. **Vnitřní vrstva jádrová** – obsahuje jádra buněk bipolárních, horizontálních, amakrynních a Müllerových.
7. **Vnitřní vrstva plexiformní** – je oblastí synapsí mezi axony bipolárních buněk a dendritů gangliových buněk. Bipolární buňky představují druhé neurony sítnice.
8. **Vrstva gangliových buněk** – obsahuje těla gangliových buněk, které jsou třetími neurony sítnice.
9. **Vrstva nervových vláken** – obsahuje axony gangliových buněk, které spolu vytváří optický nerv (nervus opticus).
10. **Membrana limitans interna** – je tvořena výběžky gliových Müllerových buněk. (9)

Na očním pozadí, části sítnice zepředu prohlédnutelné oftalmoskopem, nalézáme různé struktury. Jednou z nich je například disk optického nervu. Jde o místo, kde se sbíhají vlákna gangliových buněk a vytváří zrakový nerv (nervus opticus), který zde prostupuje vrstvami sítnice a opouští oční kouli. V tomto místě se nachází pouze nervová vlákna a kvůli nepřítomnosti fotoreceptorů se také nazývá slepá skvrna. Jedná se také o jediné místo na očním pozadí, kde je sítnice pevně připojena k hlubším vrstvám oka. Jinak leží sítnice víceméně volně na pigmentovém epitelu. Dalším místem na očním pozadí je tzv. žlutá skvrna (macula lutea). Leží laterálně od terče zrakového nervu. Jde o místo nejostřejšího vidění, kde jsou nahromaděny převážně čípkami. Fotoreceptory, které zde leží, jsou zásobeny především z cévnatkového krevního řečiště, tudíž toto místo neobsahuje větší cévní větve. Uprostřed žluté skvrny je prohlubeň, fovea centralis, jejíž středem probíhá optická osa. (1)

2.3.4 Optická prostředí

Optická prostředí oka jsou struktury, kterými prochází světelné paprsky předtím, než dopadnou na sítnici. Jsou čirá, tak aby co nejvíce umožnila průchodu paprsků. Mezi optická prostředí oka řadíme rohovku, komorovou vodu, oční čočku a sklivec. Optická mohutnost těchto prostředí při pohledu do dálky je přibližně + 60 D. (7) (10)

Rohovka je prvním optickým prostředím v optickém systému oka. Tvoří rozhraní mezi okolním vzdušným prostředím a přední komorou vyplněnou komorovou vodou. Index lomu rohovky je 1,37, což ji, kvůli indexu lomu okolního prostředí ($n = 1$) a jejímu zakřivení, činí nejúčinnějším optickým prvkem v lidském oku. Její optická mohutnost je přibližně + 43 D. (10)

Dalším optickým prostředím je komorová voda. Ta vyplňuje přední a zadní oční komoru. Vytváří se z krevní plazmy v řasnatém tělese a je uvolňována do zadní oční komory. Představuje hlavní složku výživy nitrooční čočky a spolupodílí se na výživě rohovky. Obsahuje 98,9 % vody, dále pak aminokyseliny, minerály, bílkoviny a různé ionty. Index lomu komorové vody je 1,33. (1) (10)

Čočka je vysoce elastická, průhledná a má bikonkávní tvar. Jedná se o jeden z nejdůležitějších optických orgánů oka. Je zachycena na vláknech řasnatého tělesa za duhovkou a tvoří zadní plochu zadní oční komory. Díky její elasticitě a svalům řasnatého tělesa je čočka schopna měnit svou optickou mohutnost. Ta se pohybuje mezi + 16 a +20 D. To je základem akomodace, procesu změny optické mohutnosti oka a zaostření na různé vzdálenosti. Čočka je uložena v obalu, kapsule, která obklopuje celou čočku. Samotná čočka se pak skládá z epitelu a samotného stromatu. U čočky nelze, kvůli její heterogenní struktuře určit přesný index lomu, a tak používá index průměrný ($n = 1,42$). (7) (10) (9)

Sklivec vyplňuje sklivcovou dutinu, prostor v oční kouli, který leží za čočkou, a tvoří tak 2/3 obsahu oka. Jedná se o průhledné, bezbarvé, bezbuněčné rosolovité těleso, tvořené z 98 % vodou. Je tvořen pouze v embryonálním období a nemá schopnost regenerace. (1) (7) (9)

3 Historie brýlové korekce

V současné době je historie poznání o lidském zraku a jeho korekčních pomůcek dostatečně zmapována. Rané prameny nám prozradili, že „optikou“ se lidé zabývali již 500 let před naším letopočtem a to v antickém Řecku. Základem poznání bylo zapálení hořlavého materiálu paprsky, které prošly přes skleněnou kuličku. Postupem času se přišlo na zvětšovací účinky skleněné kuličky naplněné vodou. Tyto zvětšovací účinky byly však připisovány vodě namísto konvexní ploše těchto optických členů. (11)

Teprve na přelomu 12. a 13. století byly poprvé popsány zvětšovací účinky plankonvexní čočky, jakožto oddělené části skleněné koule, která se přikládala na čtený text. Tyto optické pomůcky byly označovány jako „čtecí kameny“. Ve druhé polovině 13. Století začaly být tyto kameny upravovány tak, aby se zmenšovala jejich středová tloušťka a váha. Upravené kameny byly vkládány do nýtovaných objímek, které se již nepřikládaly na text, nýbrž byly shora přidržovány před obličejem. Hovoříme o tzv. „nýtovaných brýlích“. (11) (12) (13)



3-1 Čtecí kámen (14)



3-2 Nýtované brýle (15)

Teprve až v 15. století se poprvé objevily brýle dnešního pojetí tvořené brýlovým středem s nosníkem. Na jejich uměleckém zpracování se odráželo místo i doba, ve které brýle vznikly. K výrobě byly používány převážně přírodní materiály např. kůže, dřevo, slonovina, kost, želvovina, železo, zlato, stříbro. S vývojem možností opracování kovových materiálu se začala prosazovat výroba právě z kovového profilu. Tyto brýle se přidržovaly v ruce před obličejem, připevňovali se na pokrývku hlavy nebo rovnou na hlavu pomocí speciální konstrukce, jako tomu bylo v případě „čelových brýlí“. (11) (12)

K dalšímu vývoji došlo až v 16. a 17. století na Dálném východě, tedy v Číně a Japonsku. Poprvé zde bylo zavedeno uchycení brýlí tzv. „stužkovým, resp. tkaničkovým“ způsobem. Brýlové středy byly pomocí tkaniček či stužek připevněny přímo k hlavě nebo uším. (11) (13)



3-3 Stužkové brýle (16)

K velkému rozkvětu řemesla, zabývajícího se výrobou brýlí došlo v 17. až 19. století, kdy byly zakládány mnohé optické manufaktury. Největší proslulost si vysloužily manufaktury v Norimberku. (11)

V 50. letech 18. století se poprvé objevily zdokonalené nýtované brýle. Došlo k prodloužení upevňovacího třmenu, na kterém se opět nechala projevit řemeslná tvořivost brýlových mistrů. Hlavní rozdíl „nůžkových brýlí“ však spočíval ve způsobu přidržování před obličejem. Brýle byly přikládány spodem od brady. (11) (12)



3-4 Nůžkové brýle (17)

Díky náročnosti výroby a vyšším nákladům na pořízení se brýle začaly pomalu stávat módním doplňkem a symbolem vyšší společnosti, která je používala jako odznak příslušnosti k danému společenskému stavu. Období slávy zažívaly i známé „Lorňony“. Jednalo se o brýlový střed s bočním upevněním držátka. Díky bočnímu držení došlo k odkrytí prostoru před ústy. Držátko pak často sloužilo jako ochranné pouzdro pro vlastní optický aparát. (11) (13)



3-5 Lorňon (18)

Na konci 18. století se v Anglii poprvé objevily brýle s rovnými tzv. spánkovými stranicemi, které byly prodlouženy až za uši. Poprvé se zde objevilo i klasické kloubové spojení mezi brýlovým středem a stranicí. Tyto brýle však držely na hlavě jen pomocí přtlaku pérujících stranic ke spánkům a vytvarování konců stranic podle týlní části lebky. Na stranice začaly být pomocí kloubu připevňovány koncovky, které se ohýbaly za uši. Stabilita však nebyla pořád dostačující. Později se proto tyto stranice přetvořily do stranic s pevnou rozšiřující se plochou koncovek, která dosedala na větší plochu na kůži, a tím přispěla ke zlepšení stability. Tato změna vedla k posílení komfortu nošení brýlí, zvláště pak při práci do blízka, kdy bylo potřeba použití korekce a volnost obou rukou. Toto vedlo ke zvýšení zájmu o brýlovou korekci. (11) (12) (14)



3-6 První brýle se stranicemi (14)

Velké slávě se těšily i tzv. „Windsorky“, vzniklé na počátku 20. století. Šlo o typicky kovové kulaté brýle s upravitelnými stranicemi a pružnými koncovkami. Koncovky byly spletené ze tří nebo čtyř pramenů pružného plochého drátu. Brýle byly usazeny kovovým nosníkem přímo na pokožce nosu, což přinášelo typické alergické problémy. Postupně byly proto brýle doplněny o sedla z umělých materiálů, které byly upevněny na připájených třmenech. Tato úprava zvýšila možnost individualizace brýlových obrub a také komfort při nošení. Takovýto typ brýlí začal být masově vyráběn manufakturami po celém světě a postaral se o masové rozšíření brýlové korekce mezi populací. (11)



3-7 Windsorky (19)

V chronologickém výčtu by neměl být opomíjen ani „skřípec“ nebo „monokl“, které se vyvinuly během 30. až 40. let 19. století – tzv. biedermeierského období. Velmi populární byly až 30. až 40. let 20. století. U skřípce byly kovové očné spojky spojeny pružným třmenem z kovového profilu. Tento typ korekce se usazoval pouze na nos. Místa styku s pokožkou, rodící se sedla, byly většinou potaženy kůží. Z módního hlediska byl nezbytností řetízek vedoucí z kapsy k očku na jedné z očnic. Monokl byl naproti tomu tvořen pouze jednou spojnou čočkou usazenou do zdobeného rámu. Vkládal se přímo před rohovku do víčky kryté části orbity. (11) (17)



3-8 Skřípec (20)



3-9 Monokl (21)

V souvislosti s vývojem nových technologií v oblastech výroby, začaly být používány nové materiály, které vyhovovaly náročnějším požadavkům uživatelů. Zájem o kvalitní korekci stoupal díky dostupnějšímu vzdělání, a brýle tak přestávaly být znakem vyšších společenských tříd. Od původních nevzhledných tvarů se přecházelo k nejrozmanitějším provedením, daným vývojem nových materiálů, postupů výroby a hlavně stylistického a módního záměru. Brýle se tak čím dál tím větší měrou začínají podílet na celkovém vzhledu a módním stylu uživatele. Světoví návrháři se předhání ve výrobě extravagantních a co nejvýraznějších brýlových obrub za použití nevhodných materiálů, tvarů a barev. (11)

Jak jste si mohli všimnout z této kapitoly, nemůžeme označit jediného vynálezce brýlí. Do našich zemí se pojem brýle dostal z německého výrazu „Brille“, který je však odvozen z holandského „bril“. V 15. století se v jižním Holandsku, v oblasti tzv. Brabantska, nacházeli proslulé brusírny skel. Kvůli špatné kvalitě tehdejších tavených skleněných materiálů se zde zpracovával přírodní horský „alpský“ křišťál – tzv. beryl. Zde tak leží počátek pojmu brýle tak, jak ho známe a v různých jazykových formulacích používáme ve střední části Evropy. (11)

4 Rozdělení brýlových obrub

Na trhu se v současné době vyskytuje nepřehledné množství modelů brýlových obrub. Obruby lze rozdělit podle funkčního hlediska na korekční, sportovní, ochranné, sluneční. Můžeme je však rozdělit i podle jejich konstrukce. Mezi nejrozšířenější patří obruby s pevnými očnicemi, poloobruba a bez očnicové obruby.

4.1 Rozdělení podle konstrukce

4.1.1 Obruby s očnicemi

Tento typ brýlí je v nabídce zpravidla nejvíce zastoupený. Hlavní výhodou těchto obrub je ochrana, kterou poskytují optickým členům (čočkám), které se do nich vsazují. Další výhodou této konstrukce je pevnost, odolnost a kompaktnost. Nevýhodou je množství použitého materiálu a tudíž i větší hmotnost než u ostatních typů obrub. Tyto obruby se skládají z brýlového středu tvořeného dvěma očnicemi, které jsou spojené nosníkem. Očnice obepínají celá korekční skla (čočka) a jsou na svém vnitřním obvodu vybaveny drážkou ve tvaru „V“. Tato drážka poskytuje opěrnou a dosedací plochu pro skla vybavená tzv. střechovitou fazetou. (11)

Brýle tohoto typu jsou vyráběny z umělohmotných materiálů, přírodních anebo kovových materiálů. U obrub vyrobených z umělohmotných materiálů, jako je např. acetát celulózy, dochází ke vkládání skel po tepelné přípravě materiálu brýlového středu. Po přiměřeném prohřátí materiálu dochází k jeho změkčení a k nárůstu jeho elasticity. Při ochlazení pak materiál tuhne a dokonale tak obepne brýlové sklo. Tyto materiály se obecně nazývají jako tzv. „Termoplasty“. Do některých moderních umělohmotných materiálů jsou brýlová skla vsazována bez předchozího nahřátí. Brýlové středy vyrobené z materiálů, které nelze po nahřátí tvarovat (kovové materiály, tvrdé přírodní materiály, některé umělé materiály nebo dřevo) jsou vybaveny tvarovanými zámkovými patkami s přírubami nebo celými dělenými očnicemi se šroubovým spojením. (11)

K brýlovému středu je připevněn kloubovým spojením tzv. „stěžejkami“ pár stranic. Ty jsou ve většině případů vybaveny koncovkami zahnutými za uši, a spolu se styčnou plochou nosníku zajišťují pevné usazení na hlavě. V případě obrub z kovových materiálů je styčná plocha v oblasti nosníku nejčastěji řešena pomocí sedel z různých materiálů. Sedla jsou k obrubě připojena kovovými třmeny nebo úpony. Sedla nám poskytují velkou možnost individualizace, proto jsme schopni dosáhnout správného usazení brýlí. Na obrubách z umělohmotných materiálů je vytvarován tzv. „anatomický nosník“. Jde o typ nosníku, který zajišťuje rovnoměrné rozložení styčných sil mezi obrubou a kořenem nosu. (11)



4-1 Obruba s očnicemi (22)

4.1.2 Poloobruba

Tento typ obruby se vyznačuje konstrukčním odstraněním části očnice. To přináší výhodu neovlivnění zorného pole a nižší hmotnosti. Obnažená skla jsou však více náchylná k vyštípnutí. Čočka je k poloobrubě připevněna silonovým vlascem připevněným k části očnice. Do brýlového skla je vyfrézována drážka, do které zapadá silonový vlasec. V drážce obruby je též zalisovaný silon, aby bylo sklo zajištěno po celém obvodu. U tohoto typu obruby je také možnost změny tvaru a velikosti skel, čímž lze dosáhnout celkové změny vzhledu obruby. (11)



4-2 Poloobruba (23)

4.1.3 Obruby bez očnic

Snaha co nejvíce odlehčit a minimalizovat brýlové obruby vedla ke vzniku brýlí bez očnic. Bezesporu největší výhodou je odstranění rušivých elementů vzorném poli způsobených obrubou a snížení hmotnosti. Základem konstrukce se stala samotná korekční skla, ke kterým jsou přivrtány nebo jinak připojeny prvky nosníku se sedly a vnější části se stranicemi. Skla jsou tradičně zabroušena s plochou fazetou po celém obvodu. Hlavním nedostatkem tohoto typu obrub je jejich náchylnost k poškození a složitost výroby. (11)



4-3 Obruba bez očnic (24)

4.2 Rozdělení podle funkce

4.2.1 Korekční obruby

Mezi tyto se řadí ty, které slouží výhradně ke korekci očních vad a jsou určené na běžné nošení. Svým tvarem a konstrukcí se snaží co nejvíce zpříjemnit komfort při nošení. Toho lze dosáhnout zvětšením zorného pole, odlehčením materiálu nebo výběrem tvaru a barvy, která podtrhne osobitý styl zákazníka.

4.2.2 Sportovní obruby

Krom fyzické kondice je i dobrý zrak podmínkou kvalitního sportovního výkonu. Proto existují možnosti jak pečovat o svůj zrak i při náročnějších aktivitách. U mnoha sportů se pak brýle stávají důležitou ochrannou pomůckou. Při výběru sportovní obruby záleží na typu sportovního odvětví, typu prostředí, možnosti korekce refrakční vady a preferenci zákazníka. Často se zde setkáváme se slunečními filtry nebo zabarvenými skly, které chrání naše oči před slunečními paprsky a UV zářením především při venkovních sportech.

Konstrukce brýlí pro sportovní účely může být různá. Rozdíly nacházíme především v upevnění optických členů. Rozlišujeme obruby:

4.2.2.1 Vsadkové obruby

Dioptrické brýlové čočky se zabrušují a vkládají do tzv. vsadky, která je pomocí nacvakávacího patentu připevněna k obrubě. Vnější barevné fólie jsou často vyměnitelné a je na výběr z mnoha barev a stupňů zatmavení. Dioptrická vsadka však nepokrývá celé zorné pole a vidění je v určitých směrech pohledu omezené. To může způsobovat problémy při častém střídání pohledových směrů a vzdáleností, k čemuž dochází při dynamických aktivitách. Zároveň jsou tyto brýle náchylnější k poškození a to díky své konstrukci. (25)



4-4 Vsadkové brýle (26)

4.2.2.2 Předsádkové či předvěšové obruby

Zabroušené dioptrické čočky jsou zasazeny přímo do pevné očnice tvořící brýlový střed, před který jsou umístěny různě tvarované nedioptické zorníky. Ty jsou ve většině případů k dostání v mnoha barvách vyhovujících danému sportovnímu odvětví. (25)



4-5 Předsádkové brýle (27)

4.2.2.3 Obruby se zabroušenými dioptrickými čočkami

Jde o obruby, do kterých jsou místo čirých či barevných zorníků zabroušena dioptrická korekční skla. Takové brýle vypadají jako tradiční nedioptrické sluneční či sportovní brýle. Hodí se tak i pro běžné nošení. Díky menšímu počtu dílů jsou méně náchylné k poškození než brýle vsadkové nebo předsádkové. Zorné pole zde není tolik omezeno, což přispívá k celkovému komfortu. Výrobci brýlových skel v dnešní době nabízí širokou škálu zabarvení a povrchových úprav, které uspokojí veškeré požadavky klienta. (25)



4-6 Dioptrické sluneční brýle (28)

4.2.2.4 Speciální sportovní brýle

Do této kategorie lze zařadit velkou řadu jednoúčelových korekčních pomůcek používaných ve specifickém prostředí. Většina výrobců tyto pomůcky zpravidla nabízí jako hotové výrobky a jsou k dostání pouze s některými dioptrickými hodnotami. Pokud má klient velikost ametropie nevyhovující nabídce korekčních členů, musí sáhnout po kompromisu. Mezi takové optické pomůcky patří např. plavecké dioptrické brýle, potápěčské dioptrické brýle, lyžařské dioptrické brýle a další. (25)



4-7 Dioptrické plavecké brýle (29)

4.2.3 Ochranné obruby

Zrak je považován za nejdůležitější smysl, který velkým dílem ovlivňuje kvalitu našeho života. Z tohoto důvodu je nezbytné si zrak chránit. Oko může být poškozeno i malou částicí, která naruší jeho povrch. Aby nedošlo k poranění, používají se tzv. pracovní neboli ochranné brýle. U těchto brýlí jsou minimalizovány skuliny mezi brýlovým středem a pokožkou tak, aby bylo zabráněno případnému proniknutí malých pevných částic do oka. Z tohoto důvodu bývají často rozšířeny i stranice. Mohou být vybaveny dioptrickými skly nebo mohou být dostatečně velké, aby se pod ně vešly ještě dioptrické brýle. Ochranné brýle jsou používány především v prostředích, kde hrozí zvýšené riziko poranění oka. V určitých profesích je používání ochranných brýlí předepsáno zákonem a to i s požadavky na jejich použití.



4-8 Ochranné brýle (30)

5 Materiály pro výrobu brýlových obrub

Konstrukce brýlí a materiály pro jejich výrobu se vyvíjely již od pradávna. Nejprve se využívalo materiálů přírodních. Postupem času rostl zájem o korekci zraku a přírodní materiály byly nahrazovány materiály kovovými, plastovými a kompozitními. Materiály, které pro výrobu brýlí využíváme dnes, však nebyly ve většině případů vyvinuty primárně pro toto odvětví. Mnoho z nich bylo poprvé použito ve vojenském průmyslu, leteckém průmyslu, v různých odvětvích medicíny nebo třeba v motoristickém sportu.

5.1 Přírodní materiály

Přírodní materiály byly používány v raných dobách pro výrobu prvních brýlových obrub. Optické prvky byly vsazovány do očnic ze dřeva, kosti, slonoviny atd. Později bylo od těchto materiálů upouštěno z důvodu jejich chemické a strukturní nestálosti. V dnešní době jsou tyto materiály používány luxusními značkami jako designový prvek většinou v kombinaci s jinými materiály.

5.1.1 Kůže

Kůže se k výrobě brýlí používala převážně v počátcích brýlové techniky. Dnes se používá spíše jako dekorativní prvek a najdeme ji většinou v portfoliích luxusních značek. Barva a struktura kůže záleží na druhu zvířete. Oblíbené jsou např. kůže z krokodýla nebo různých druhů hadů. Výhodou tohoto materiálu je jak jeho elasticita a hypoalergenita, tak i jeho schopnost rychle se přizpůsobit teplotě těla a okolního prostředí. V dnešní době se z kůže vyrábějí také brýlová pouzdra nebo hadříky na čištění brýlových skel.



5-1 Brýle z kůže (31)

5.1.2 Dřevo

Dřevo se jako materiál pro výrobu brýlí nabízelo již v dávných časech díky své dostupnosti a lehké opracovatelnosti. Začalo se používat již na konci 13. století. Každý druh dřeva má své specifické vlastnosti, ať už jde o tvrdost, pružnost nebo barvu. Tyto vlastnosti ovlivňují možnosti jeho použití. Pro konstrukci brýlových obrub se používají převážně tvrdá a ušlechtilá dřeva, kterými se vyznačují např. dub, buk, eben, třešeň atd. Pro zdobné detaily lze použít měkká dřeva jako je smrk nebo lípa. Velkou výhodou dřeva představuje jeho hypoalergenita.

V první fázi se brýlové středy vyřezávají z dřevěného bloku nebo desky, poté se materiál brousí a leští do konečné podoby. Materiál se později napouští olejem nebo se lakuje, aby lépe odolávalo vlhkosti a vnějším vlivům. Právě odolnosti vůči těmto vlivům a nestálost materiálu je hlavní nevýhodou dřeva. Dřevo také nelze za běžných podmínek tepelně upravovat a ohýbat. Proto je většina dřevěných obrub vybavena očníkovým spojem pro pohodlné vkládání zabroušených skel. (32)



5-2 Dřevěné brýle (33)

5.1.3 Želvovina

Želvovina byla jako materiál pro výrobu brýlí používána také od pradávna. Získávána byla z krunýře mořské želvy Karety Pravé. Od roku 1988, kdy byla tato želva prohlášena za chráněnou, je produkce výrobků z želvoviny zakázána. Proto se dnes setkáme především s výrobky z jejích imitací. Jedná se převážně o plasty s podobnou strukturou. (32)

K výrobě želvoviny byly odřezávány asi 3 mm silné pláty z krunýřů karet. Ty se vyvažovaly kvůli sterilitě a změkčení, následně byly lisovány k sobě, aby vznikl jednotlý materiál. Ten se po vyleštění vyznačoval hnědožlutou barvou s černými až červenými skvrnami. Oblíbený byl zejména pro svou termoelasticitu, schopnost udržet si svůj tvar, tvrdost a lesk. (32)



5-3 Brýle z imitace želvoviny (34)

5.1.4 Rohovina

Dalším z řad v minulosti hojně využívaných materiálů je bezesporu rohovina. Pojmem rohovina rozumíme hmotu z rohů, kopyt, paznehtů a klů. Obruby z rohoviny byly vyráběny od počátku 16. století až do objevení celuloidu a acetátu celulózy. Dnes se s brýlemi z rohoviny setkáme zejména u prémiových a luxusních značek.

Při zpracování se ve většině případů používá rohů hovězího dobytka z Evropy, Asie, Indie nebo Jižní Ameriky. Výroba je založena na principu dobré tvarovatelnosti materiálu za tepla obdobně, jako je tomu u želvoviny. Rohy jsou nejprve máčeny ve vodě tak, aby změkly. Poté jsou rozřezány, rozvinuty a vkládány mezi vytápěné desky, kde dojde slisováním k jejich narovnání. Takto vyrobený materiál lze snadno barvit, leštit a při dostatečných tepelných podmínkách i dále tvarovat. Dalším způsobem zpracování je výroba tzv. masivní rohoviny, při které jsou buvolí rohy rozřezány na malé desky a následně ručně obráběny. Tímto způsobem se vyrábějí zdobné detaily a drahé prémiové obruby. (32) (35)

5.1.5 Kost

Kostěné brýle byly vyráběny především v prvopočátcích brýlové historie a dnes se s nimi setkáme jen zřídka v podobě módních výstřelků. Od tohoto materiálu se postupně upouštělo kvůli jeho nepoddajnosti a křehkosti. Obruby se vyráběly především z plochých velkých kostí např. kostí medvědů, volů, buvolů a velryb. Inuité používali mroží kosti k výrobě „slunečních brýlí“ aby se chránili před oslněním slunečními paprsky odrážejícími se od sněhu a sněžnou slepotou. (36)



5-4 Kostěné inuitské brýle (37)

5.2 Kovové materiály

Kovové materiály se při výrobě brýlových obrub v jisté míře používaly již od dob jejich vzniku. V prvopočátcích brýlové historie byly využívány především surové kovy jako železo, měď, nikl, stříbro nebo zlato. Jako čisté kovy však nemají tyto materiály ideální vlastnosti pro výrobu obrub. Proto se kovy začaly slévat, vrstvit a nanášet na sebe. Takto vzniklé slitiny a povrchové úpravy se v dnešní době téměř přibližují požadavkům na ideální materiály pro výrobu brýlí. Hlavními požadavky na takové materiály jsou dobrá mechanická a chemická odolnost, pevnost, pružnost, hypoalergenita, snadné leštění a pájení. (32)

5.2.1 Hliník (Aluminium)

Hliník je neušlechtilý, stříbřitě šedý, elektricky dobře vodivý, kujný kov. Je třetím nejvíce zastoupeným prvkem v zemské kůře, avšak kvůli jeho vysoké reaktivitě se v přírodě vyskytuje prakticky jen ve formě sloučenin. Nejvíce využívanou horninou na bázi hliníku je bauxit (dihydrát oxidu hlinitého). Hliník je velmi dobře rozpustný ve zředěných kyselinách a hydroxidech alkalických kovů. Koncentrovaná kyselina dusičná nebo sírová jej však, stejně jako vzdušný kyslík, pokryjí vrstvou oxidu hliníku. Elementární „čistý“ hliník se v současné době vyrábí elektrolýzou kovových rud. (38)

Hliník se dnes využívá především k výrobě slitin, které krom hliníku samotného obsahují měď, hořčík, mangan, křemík, zinek, železo nebo nikl. Každá příměs určuje vlastnosti výsledného materiálu. Slitiny hliníku se obecně vyznačují lepšími vlastnostmi pro další průmyslové zpracování jako je větší pevnost, lepší slévatelnost, odolnost vůči korozi atd. Jsou také velmi dobře svařitelné. Výjimku tvoří nejznámější slitina hliníku nazvaná Dural. Jedná se o slitinu s mědí a hořčíkem, která je velmi pevná a zároveň lehká, avšak podléhá korozi. Proto je zde za potřeby povrchových úprav. Spojovat se dá Dural jen obtížně a to svářením v ochranné atmosféře, pájením za použití speciálních tavidel, lepením nebo nýtováním. Je hojně používán v automobilovém a leteckém průmyslu, při výrobě sportovních a zdravotních potřeb. Setkáváme se s ním i v brýlové technice. (32) (39)



5-5 Hliníkové brýle (40)

5.2.2 Měď (Cuprum)

Měď řadíme mezi skupinu ušlechtilých kovů. Je načervenalé barvy, dobře se mechanicky zpracovává a vyznačuje se velmi dobrou tepelnou a elektrickou vodivostí. Na vzduchu oxiduje a na jejím povrchu se tvoří tmavá, postupem času až modrozelená vrstva, tzv. měděnka. (41)

V přírodě se měď nejčastěji vyskytuje ve sloučeninách, převážně pak v sulfidech obsažených v sulfidických rudách. Tyto rudy jsou velmi bohaté na železo a obsah mědi v nich se pohybuje kolem 1%. Vytěžená ruda se tak nejprve drtí a koncentruje, aby obsah mědi vzrostl na 15 až 20%. Následné zpracování probíhá v několika krocích, mezi které patří pražení, tavení na měděný lech a následné zpracování měděného lechu. Měď často sléváme do slitin spolu s dalšími prvky, abychom docílili požadovaných vlastností materiálu. Mezi nejvýznamnější slitiny patří slitiny bronzu a mosazi. (41)

V brýlové technice se měď ve formě slitin využívá k výrobě jak celých brýlí, tak i jednotlivých komponentů a částí brýlových obrub. Mezi bronzové slitiny, používané v brýlové optice patří Cínový, Niklový nebo Beryliový bronz, Bronz 48 a Monel. (32)

Cínový bronz má červenožlutou barvu a obsahuje maximálně 20% cínu. Tento materiál lze snadno obrábět a pájet. V brýlové optice se používá k výrobě levnějších brýlí nebo jejich součástí. Niklový bronz obsahuje příměsi niklu a manganu, což vede ke zlepšení mechanických vlastností. Díky tomu se využívá k výrobě dražších obrub. Bronz 48 obsahuje pro změnu cín a zinek, což zlepšuje jeho pružnost a odolnost. Beryliový bronz pak kloubí vlastnosti předchozích materiálů. Je mechanicky odolný, pružný a lehký, nicméně drahý na výrobu. Obsahuje 2% beryllia a stopové množství kobaltu. Monel je slitina niklu, mědi, železa, malého množství manganu a křemíku. Vyniká svými vynikajícími mechanickými vlastnostmi a chemickou odolností vůči vnějším vlivům, jako je například dlouhodobé působení slané vody nebo potu. Používá se na výrobu celých obrub nebo jejich částí. (32)

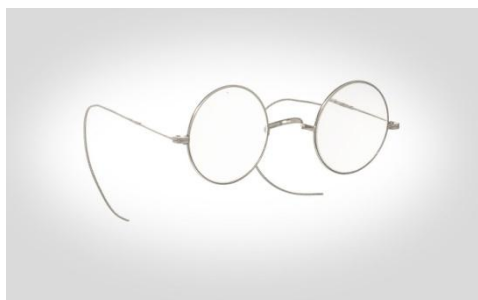
Mezi mosazné slitiny používané k výrobě brýlí řadíme Mosaz 85, ze které se díky její náchylnosti ke korozi vyrábí především zámky, matky a šroubky. Dále pak Platinin, který je slitinou mědi, zinku a niklu. Jeho výroba je však velmi finančně nákladná, a tak se s ním setkáváme jen zřídka. (32)

5.2.3 Nikl (Niccolum)

Nikl je feromagnetický, kujný a tažný kov. Objeven byl v roce 1751 německým chemikem A. F. Cronstedtem. Je stříbrobílé barvy, silně lesklý a má dobré mechanické vlastnosti. Nikl je velmi lehký, tvrdý, dobře odolný vůči otěru a atmosférické korozi a dá se dobře leštit. Je však také alergenní, toxický a karcinogenní, proto je jeho praktické použití postupně omezováno. V přírodě se v ryzí formě vyskytuje spíše vzácně, a proto ho nacházíme především v sulfidických rudách jako je garnierit. (41)

Při výrobě niklu prochází rudy několika různými výrobními procesy, jako je tavení, pražení nebo žíhání. Vzniklý surový nikl se pak upravuje, aby vznikl čistý nikl. V takto čisté formě se však používá pouze zřídka. Častější je výroba slitin niklu s mědí, titanem nebo železem. Čistý nikl je tenké vrstvě nanášen na povrchy méně odolných kovů jako ochrana nebo jako mezivrstva pro zlepšení přilnavosti dvou rozdílných kovů. (42)

V brýlové optice se ve formě slitin využívá k výrobě celých obrub nebo jejich součástí, ale jeho použití musí splňovat evropské normy a regule. Artikl takto vyrobený nesmí mít na svém povrchu nikl ani po dvou letech používání. Kontakt s kůží uživatele musí být zamezen použitím ochranného laku, plastové vrstvy nebo pokovováním ušlechtilým kovem jako je zlato, stříbro, palladium a další. Materiál později nesmí být pájen, aby nikl nevystoupil na povrch. Pokud dojde k popraskání nebo odření povrchové vrstvy, může dojít ke kontaktu s kůží. Proto je důležitá kvalita zpracování takového výrobku. (32)



5-6 Niklové brýle (43)

5.2.4 Titan (Titanium)

Titan řadíme mezi tzv. přechodné kovy. Je stříbřitě bílý, lehký, pevný a velmi odolný materiál. Disponuje velkou odolností vůči oděru, korozi a kyselinám. Je hypoalergenní, tudíž vhodný pro lidi trpící alergií na kovy. Titan je sedmým nejvíce zastoupeným kovem v zemské kůře ve formě rud, jako je ilmenit nebo rutil. Tyto rudy se vyskytují zejména v Austrálii, Severní Americe nebo Malajsii. (41)

Přes své četné zastoupení v zemské kůře byla výroba čistého titanu po dlouhou dobu velmi náročným a nákladným procesem. Nelze totiž použít klasické hutní metody tak, jako u jiných kovů. Vede k tomu skutečnost, že titan při ohřevu reaguje s kyslíkem, vodíkem, uhlíkem a dusíkem. K průmyslové výrobě se tak používá tzv. Krolův proces, kdy se z rudy získává chlorid titaničitý. Ten se poté čistí v argonové atmosféře za teploty kolem 800 °C. Takto vzniklý titan je tuhá a pórovitá látka. Dalšími procesy dochází k jeho čištění a výsledkem je čistý titan. Při zahřátí na teplotu vyšší jak 600 °C titan oxiduje a na jeho povrchu se tvoří vrstva, která po následném ochlazení praská a odlupuje se. Takto narušený materiál se špatně obrábí a pájí. Proto se k pájení používá atmosféra argonu, elektronová páječka nebo laser. (32) (44)

V brýlové optice se titan používá od 80. let 20. století a je považován za jeden z nejvhodnějších, nejkvalitnějších, ale díky náročnosti na výrobu i jeden z nejdražších materiálů pro výrobu brýlových obrub. Je používán pro výrobu brýlí nejvyšší kvality, které vynikají svou odolností, lehkostí a pevností. (32)

Čistý titan je z 99 % tvořen titanem a zbylé 1 % tvoří železo, uhlík, kyslík a dusík. Čistý titan však nelze použít pro výrobu všech typů obrub, neboť je tvrdý a může prasknout. Jeho slitiny jsou na rozdíl od něj pevnější a pružnější, což je zapříčiněno příměsí různých kovů, jako je např. hliník, nikl, vanad, chrom, kobalt nebo železo. Takových materiálů se na trhu vyskytuje velké množství. (44) (41)

Beta-titan obsahuje ve svém složení 73% titanu, 22% vanadu, 4% hliníku a 1% stopových prvků. Tento materiál je hypoalergenní, lehčí a velmi odolný. Díky své pružnosti umožňuje různé typy konstrukce brýlových obrub, jako jsou třeba stranice bez pantu, využívajících ve spojení s brýlových středem pouze pružnost materiálu. Takové spojení neobsahuje žádné šroubky a dá se tudíž považovat za bezúdržbové. (32)

Další slitinou hojně používanou je bezesporu Titan-niklová slitina nazývaná TiNi nebo Nitinol. Tento materiál je z 50 % tvořen titanem a z 50 % niklem. Vyznačuje se svou enormní elasticitou. Tu způsobuje efekt nazývaný fázový přechod, který je závislý na teplotě. Materiál je vyroben tak, aby bylo dosaženo optimální elasticity v teplotním rozmezí $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při takových teplotách se materiál i po extrémním zdeformování vrátí do původního tvaru. Tato slitina se taví pomocí elektronových paprsků ve vysokém vakuu. Obruby z ní vyrobené jsou velmi pružné a vydrží i extrémní zacházení, nejsou však nerozbitné. Materiál postupem času ztrácí svou návratnost do původního tvaru a svůj lesk. Tato sloučenina má mnoho prodejních názvů jako např. Flexon, TITANflex, Titanium flex a další. (32)



5-7 Titanová obruba (45)

5.2.5 Ocel

Ocel je nejčastěji používaným kovem na světě. Je šedobílé barvy a má dobré mechanické vlastnosti. Tento materiál je silný, lehký, pružný a trvanlivý. Jedná se o slitinu železa, uhlíku a dalších tzv. legujících prvků, které určují vlastnosti vzniklé slitiny. Mezi tyto prvky patří např. chrom, nikl, mangan, hliník, křemík apod. (46)

Výchozím materiálem pro výrobu oceli je surové železo. Metalurgickými procesy se z něj získává slitina oceli s uhlíkem a dalšími legujícími prvky. Takto vzniklá ocel je vysoce legovaná s nízkým obsahem uhlíku (pod 1 %). Vyrábí se ve formě drátů nebo desek. Na ocel lze nanášet různé povrchové úpravy, tudíž může být lesklá, matná, případně i povrchově galvanicky pokovována nebo barvena. (46) (32) (47)

V brýlové optice je ocel považována za levnější alternativu titanu. Právě díky nižší ceně a snadné dostupnosti je dnes hojně používána velkou řadou značek. Ze slitin oceli se vyrábí jak komponenty brýlových obrub, tak i celé obruby. Nejčastěji používanou slitinou ocelí napříč všemi odvětvími je Korozivzdorná ocel, laicky řečeno nerezová ocel. Tato slitina neobsahující nikl je považována za hypoalergenní. Obsahuje příměsi chromu a manganu, což jí dodává onu schopnost odolávat korozi, zajišťuje větší pružnost a navyšuje její životnost. Dalším velmi oblíbeným druhem oceli je tzv. chirurgická ocel. Ta je hojně využívána v medicíně, ale poslední dobou je velmi oblíbená také ve šperkařství a výrobě brýlí. (32)

Zvláštním materiálem je pak Genium. Tato slitina byla objevena společností Allison a původně byla určena pro výrobu koleních protéz. Jedná se o první materiál na světě, který prošel testem cyto-toxicity a je tak považován za bio-kompatibilní materiál. Genium je slitina tvořená z oceli, chromu, manganu, uhlíku a silikonu. Neobsahuje nikl, takže je považován za hypoalergenní. Je extrémně lehký, odolný vůči korozi a má trvanlivý tvar. Řadíme ho do skupiny tzv. High-tech materiálů.



5-8 Ocelová obruba (48)

5.2.6 Zlato (Aurum)

Zlato je velmi dobře tepelně a elektricky vodivý, drahý kov jasně žluté barvy. Je měkké a poměrně těžké. Tento prvek je velmi chemicky odolný, trvanlivý a dobře odolává korozi. Alergickou reakci může vyvolat pouze ve slitině s niklem. Jeho podíl ve slitině se udává v karátech, přičemž ryzí 100 % zlato má 24 karátů. V horninách se zlato vyskytuje především jako ryzí kov. Tvoří zde plíšky a zrna, která jsou nejčastěji uzavřena v křemenné výplni žil. Největšími producenty zlata jsou Jihoafrická republika, USA nebo Austrálie. (41)

K získávání zlata bylo v minulosti používáno především rýžování písčných den vodních toků v okolí nalezišť. Dnes se zlato získává z hornin, kde je jemně rozptýleno pomocí tzv. hydrometalurgických procesů. Hornina je při nich jemně namleta a po přidání loužících roztoků je postupnou redukcí získáváno zlato. Tento drahý kov se používá i k výrobě slitin. Spolu se stříbrem, niklem, zinkem, paladiem nebo kadmiem tvoří tzv. bílé zlato. Společně s mědí pak tvoří zlato červené. (46) (41)

Zlato bylo používáno odpradáva k výrobě platidel, šperků a dekorativních předmětů. Stejně je tomu i v oblasti brýlových technologií, kde bylo zlato používáno k výrobě celých brýlí nebo jejich dekorativních prvků. V brýlové optice je zlato dodnes považováno za prestižní a prémiový materiál. Z masivního zlata se vyrábí drahé a velmi luxusní obruby, které se řadí mezi šperky. (32)

Při výrobě kompletních obrub se však čím dál více používá tzv. Double, neboli válcované zlato. Jde o materiál složený ze dvou hlavních vrstev. Jádro je tvořené bronzem nebo novým stříbrem. Vnější vrstva pak slisovanými kovy v pořadí zlato, stříbrná pájka, čistý nikl, stříbrná pájka. Tyto vrstvy jsou následně tlakově svařeny do drátů. Jádro dodává obrubám pevnost a pružnost, niklová vrstva slouží jako izolant mezi jádrem a zlatem, které zajišťuje stálé chemické vlastnosti. Pokud nedojde k narušení zlaté vrstvy a obnažení niklu, je tento materiál považován za hypoalergenní. (32)



5-9 Zlaté brýle (49)

5.2.7 Hořčík (Magnesium)

Hořčík je lehký, stříbřitě lesklý kov, který má poměrně velkou reaktivitu. Právě díky své reaktivitě se s ním v přírodě setkáváme pouze ve formě sloučenin. Čistý hořčík v běžném prostředí oxiduje a vytváří na svém povrchu silnou vrstvu, která brání další oxidaci. Můžeme ho tak na rozdíl od jiných kovů alkalických zemin skladovat v suchém prostředí. Je velmi dobře rozpustný v běžných kyselinách za vzniku hořečnatých solí. Má velmi nízkou teplotu vznícení a při jeho hoření na vzduchu vzniká pronikavě intenzivní bílé světlo. (41)

Hořčík je průmyslově vyráběn převážně elektrolýzou roztavené taveniny chloridu hořečnatého a chloridu draselného. Další způsoby výroby hořčíku jsou založené na redukci oxidu hořečnatého karbidem vápenatým, uhlíkem nebo křemíkem. Hořčík lze snadno válcovat na dráty a plechy. Má také dobrou slévateľnost s jinými kovy. Vlastnosti čistého hořčíku nejsou vyhovující pro další zpracování, proto se nejčastěji používají právě jeho slitiny. (41) (46)

V brýlové optice se čím dál více používají slitiny s vyšším obsahem hořčíku. Ten jim dodává extrémní lehkost, pevnost a odolnost proti deformacím. Je však cenově dražší a na trhu méně dostupný. (32)

5.2.8 Beryllium

Beryllium patří stejně jako hořčík mezi kovy alkalických zemin. Díky své vysoké reaktivitě se v přírodě vyskytuje pouze ve formě sloučenin. Beryllium samotné a jeho soli jsou mimořádně toxické a karcinogenní. Je ocelově šedé a lesklé. Jde o velmi lehký a pevný materiál, který je zároveň velmi křehký. Používá se zejména jako tvrdidlo v kovových slitinách. Tento materiál je pak odolný vůči deformaci, korozi a ztrátě lesku. (41) (38)

Beryllium lze získat elektrolýzou směsi roztaveného chloridu sodného a berylnatého v ochranné atmosféře. Běžnější způsob je však prostřednictvím redukce fluoridu berylnatého hořčíkem za teploty kolem 1300 °C. Beryllium lze vyrábět v různých barvách. (41)

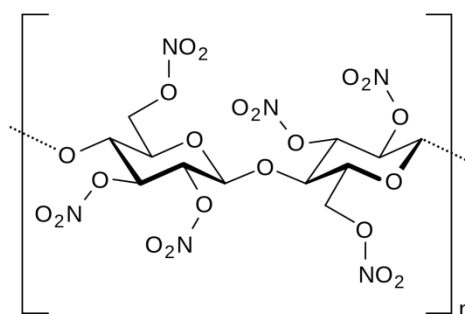
V brýlové technice se beryllium používá jako levnější alternativa k titanu. Čisté je používáno jen vzácně kvůli jeho vyšší ceně. Často bývá kombinované s dalšími kovy při výrobě slitin jako je např. Beryliový bronz. (32)

5.3 Umělé – plastové materiály

Plastové materiály využívané v brýlové technice se vyrábějí ze syntetických nebo přírodních makromolekulárních látek, jako je celulóza. Syntetické polymerní látky jsou nejčastěji vyráběny polymerací nebo polykondenzací jednoduchých organických sloučenin. Plastické materiály lze rozdělit na termoplasty a reaktoplasty. Jako termoplasty označujeme materiály, které po nahřátí měknou a lze je tvarovat. Jsou to polymery s lineárními a rozvětvenými řetězci. Tyto materiály jsou pro výrobu brýlových obrub vhodnější. Mezi reaktoplasty patří látky tvořené polymery se sesíťovanými řetězci. Během výroby se zahřívají ve formě, podle které získají svůj konečný tvar. Poté ztrácí svoje plastické vlastnosti a po opětovném nahřátí neměknou, nýbrž se mohou tavit, rozpadat nebo začít hořet. Požadavky na ideální plastový materiál pro výrobu brýlové obruby jsou: přiměřená tvrdost a houževnatost; pružnost; tvarovatelnost za tepla; tvarová stálost; dobrá leštitelnost a opracovatelnost; možnost barevných úprav; chemická odolnost; hypoalergenita; nehořlavost a hospodárnost výrobních technologií. (32) (50) (51)

5.3.1 Celuloid – nitrát celulózy (CN)

Celuloid patří mezi nejstarší termoplasty používané v optice. Byl vynalezen roku 1868 americkým chemikem J. W. Haytem. Základní látkou pro jeho výrobu je přírodní celulóza, nazývaná také buničina. Z ní se působením nitrační směsi (směsi kyseliny sírové a dusičné) připravuje vločkovitá hmota označovaná jako nitrát celulózy. Tato hmota se poté pere, zbavuje vody pomocí alkoholů, hněte s kafrem a promíchává se s přísadami. Vzniklá čirá plastická hmota je dále lisována do tvaru desek a připravována pro další zpracování. (32) (52)



5-10 Nitrát celulózy (53)

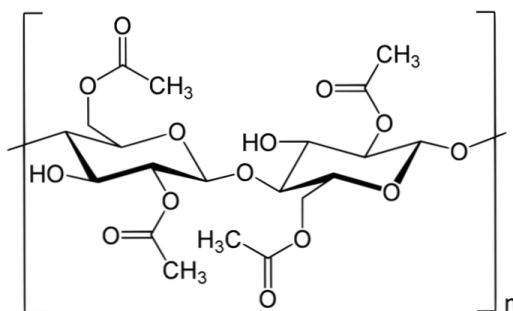
Jeho mechanické vlastnosti jsou závislé na technologii výroby a na poměru nitrátu celulózy, kafru a dalších přísad. Obecně jde o pevnou hmotu s výraznými plastickými vlastnostmi a vysokým leskem. Má schopnost udržet si svůj tvar a stabilitu. Je však také snadno vznětlivý a velmi hořlavý. Jeho teplota tavení je jen 140 °C a po překročení této teploty začne celuloid explozivně hořet i za nepřístupu vzduchu. Při tomto ději vznikají také jedovaté plyny, což vede k omezování jeho použití. Stárnutím materiálu se z něj odpařují změkčovadla, celuloid tak křehne a může snáze dojít k jeho vzplanutí. (32)

Celuloid byl dříve používán pro výrobu jak celých obrub, tak i jejich jednotlivých částí. Byl oblíben díky své tavitelnosti a tvárnosti. Pro svůj velký lesk a možnosti barevných úprav byl využíván jako imitace slonoviny a želvoviny. Dnes se s celuloidovými obrubami téměř nesečkáme kvůli hořlavosti tohoto materiálu. V některých zemích bylo jeho používání dokonce zakázáno. (32) (52)

5.3.2 Acetát celulózy (CA)

Acetát celulózy je po boku celuloиду řazen mezi nejstarší umělé termoplastické hmoty používané pro výrobu brýlových obrub. Poprvé byl vyroben v roce 1865 francouzským chemikem P. Schutenbergem a od 30. let 20. století je hojně používán v brýlové optice a v dalších průmyslových odvětvích. (32)

Základní surovinou pro výrobu je celulóza získávaná z bavlněného odpadu nebo stromové buničiny. Výchozím procesem výroby je esterifikace, při které se na celulózu působí anhydridem kyseliny octové za přítomnosti kyseliny octové. Regulací tohoto procesu lze získat monoacetát, diacetát nebo triacetát celulózy. Do vzniklého produktu ve formě acetátových vloček jsou přidávána změkčovadla. Jejich obsah v materiálu může být až 30 %. Nejčastěji se používá směs dimethylftalátu a diethylftalátu. Výsledným produktem je pak termoplastický granulát. (32) (52)



5-11 Diacetát celulózy (54)

Acetát je bez barviv a plniv čirý, průhledný a na světle stálý materiál. Je lehký, stabilní pružný a snadno zpracovatelný. Mechanické vlastnosti jsou v tomto případě o něco horší než u celuloиду. Velkou výhodou proti celuloиду však představuje jeho vyšší teplota tavení a vzplanutí. Je chemicky rozpustný v organických rozpouštědlech, jako je např. aceton. Ve vlhkém prostředí je acetát tvarově nestálý. Má hygroskopické vlastnosti, tudíž pohlcuje vlhkost a tím zvětšuje svůj objem. Stářím tento materiál křehne, což je způsobeno vypařováním změkčovadel. Na místech, kde dochází ke styku s kůží, pak může docházet k chemické reakci a vytváření bělavých povlaků. V některých případech může acetát vyvolávat alergické reakce. Většinou se však jedná o alergie způsobené přídatnými látkami, jako jsou změkčovadla, leštidla nebo složky ochranného laku. (32) (52)

Brýlové obruby se vyrábí ze třech variant acetátu a to z blokového, vytlačovaného nebo granulovaného vstřikovaného. Jednotlivé typy se od sebe liší strukturou, výrobními procesy, výsledným vzhledem a vlastnostmi.

Blokový acetát se vyrábí lisováním několika vrstev za zvýšené teploty. Vznikne blok acetátu, který je pak řezán na desky. Při výrobě obrub se používá metoda třískového obrábění. Pro získání barevné struktury jsou do materiálu lisovány hoblinky acetátu obarvené různými barvivy. Různými barevnými kombinacemi lze dobře imitovat želovinu, rohovinu a další přírodní materiály. Tento typ výroby je určen převážně pro malosériové a luxusní obruby. Je to dáno jeho energetickou náročností, zdlouhavostí, množstvím zbytkového odpadu a vyšší cenou. Obruby takto vyrobené jsou však trvanlivé. (32)

Vytláčovaný neboli extrudovaný acetát je vyráběn z roztaveného a prohněteného granulátu, který je tlačěn přes štěrbinovou trysku. Vzniknou tak destičky různých šířek a tloušťek. K barvení dochází buď ve fázi samotného granulátu, nebo v ústí trysky, kde dochází ke vstříkovaní barviv do roztavené hmoty přídavnými tryskami. Získané desky jsou, stejně jako u předchozího typu opracovávány pomocí třískového obrábění. (32)

Granulovaný vstříkovaný acetát se vyrábí tlakovým vstříkovaním roztaveného granulátu do forem při teplotě kolem 200 °C. Po ochlazení formy je obruba vyjmuta. K barvení dochází během procesu vstříkování nebo po vyjmutí obruby z formy pomocí povrchových úprav, jako je barvení nebo lakování. Tento proces výroby je vhodný pro masivní výrobu levnějších obrub. Výhodami je větší pružnost, větší hospodárnost s materiálem a nižší náklady na výrobu. Obruby však mají méně přirozený vzhled a může u nich snáze dojít ke vzniku prasklin. (32)

V brýlové optice se acetát používá hlavně k výrobě celých obrub. Obruby z tohoto materiálu obsahují ve svých stranicích kovové výztuže, aby byla umožněna anatomická úprava. Setkat se s ním ale můžeme i u tvrdých nosných sedel nebo tvrdých jader sedel silikonových. Zvláštní technologií je pak High Definition Acetate. Jde o patentovanou technologii společnosti OKIA, která umožňuje přenášení textur a barev o vysokém rozlišení do struktury acetátu. Vzor tak dostává trojrozměrný efekt a dává prostor návrhářům vytvářet stále nové designy obrub. (52) (55)



5-12 Brýle z acetátu celulózy (56)

5.3.3 Aceto-propionát celulózy (CP)

Tento termoplast je vyráběn od začátku 60. let 20. století, je proto poměrně mladým materiálem. Výroba vychází z esterifikace celulózy za použití kyseliny octové a propionové. Katalyzátorem tohoto děje je kyselina sírová. Materiál obsahuje méně změkčovadel než běžný acetát. Jejich zastoupení v materiálu se pohybuje kolem 8-10 %. (32)

Tento materiál je transparentní a lesklý. V porovnání s acetátem má větší pevnost v tahu a je lehčí, pružnější a trvanlivější. Teplota měknutí a tavení je u těchto materiálů podobná. V obou případech dochází k měknutí při 80 °C a k tavení při teplotě okolo 200 °C. I při přesáhnutí druhé zmiňované teploty je však aceto-propionát samozhášející a tím těžce zápalný. Nadměrné teplo však způsobuje jeho smršťování. Materiál má menší hygroskopičnost, odolává lépe potu a uvolňování změkčovadel. (32)

Obruby z tohoto materiálu se vyrábí tlakovým vstřikováním do forem. Barevnost získají nanesením povrchových úprav pomocí barvení, lakování nebo potisku. V brýlové optice se z něj, kvůli jeho odolnosti, vyrábí především sportovní obroučky. (32)

5.3.4 Aceto-butykrát celulózy (CAB)

Dalším z výčtu termoplastů používaných v brýlové technice je aceto-butykrát. Vyrábí se esterifikací celulózy směsí kyseliny octové a máselné. Jeho výroba je o něco nákladnější kvůli kyselině máselné. Obsah změkčovadel se pohybuje v rozmezí 5-20 %. (32)

Je to průhledný, pevný a houževnatý materiál s vysokým leskem. Má velmi dobrou mechanické vlastnosti a menší hygroskopičnost. Je odolný vůči UV záření a nízkým teplotám, ne však proti alkoholům a acetonu. Díky kyselině máselné má charakteristický zápach. (57) (32) (58)

Brýlové obruby jsou z něj vyráběné pomocí tlakového vstřikování do formy. Následně jsou povrchově upravovány barvením a lakováním. Kvůli jeho odolnosti se z něj vyrábí především sportovní obruby, ochranné obruby nebo jejich součásti jako jsou stranice, koncovky apod. (32)

5.3.5 Polymethylmetakrylát (PMMA)

Tento materiál byl vynalezen v roce 1928 německou společností Rohm and Haas a původně byl vyvinut pro letecký a raketový průmysl. Tzv. organické sklo (plexisklo) se u nás používalo na výrobu levnějších obrub především v 50. letech minulého století. (32) (52)

Polymethylmetakrylát se vyrábí především blokovou nebo suspenzí polymerací methylmetakrylátu, esteru kyseliny metakrylové. Při deskové polymeraci je předpolymer nalit do formy, kde dochází k jeho ochlazení a tunutí. Desky vzniklé tímto postupem se dále zpracovávají třískovým obráběním. Suspenzní polymerace je vhodná pro výrobu materiálů, které jsou dále zpracovávány na vstřikovacích lisech nebo vytlačovány do forem. (52) (32)

Tento materiál je dokonale průhledný i při větší tloušťce. Je sice lehký a tvrdý, ale také křehký a kvůli tomu méně odolný nárazu. Má termoplastické vlastnosti. Odolný je vůči chemickému působení různých látek. Výjimku tvoří některá rozpouštědla jako je aceton, chloroform, toluen nebo benzen. Je opticky stálý a z biologického hlediska nezávadný. (32) (52) (59)

V minulosti byl ve velké míře používán pro výrobu celých brýlových obrub. Dnes se s ním setkáme v podobě ochranných a slunečních skel nebo ochranných vrstev kovových obrub. Díky jeho biologické inertnosti byl také používán k výrobě nitroočních a kontaktních čoček. (32) (52)



5-13 Brýle z PMMA (60)

5.3.6 Polyamid (PA)

Polyamidy jsou skupinou syntetických termoplastických látek, které se svou strukturou podobají přírodním bílkovinám. První polyamidové bylo vynalezeno roku 1926 americkým chemikem W. Carothersem a neslo název Nylon 66. (52)

Základem pro jeho výrobu je kyselina karbolová, která se získává z černouhelného dehtu nebo ropy synteticky nebo pomocí destilace. Polyamidy lze připravit různými výrobními procesy, kterými získají rozdílné vlastnosti a vzhledy. V dnešní době se nejčastěji zpracovávají vstřikováním do formy nebo lisováním. (52) (32)

Polyamid je materiál transparentní a čirý. Je také lehký, pružný, pevný a odolný proti rozbití a poškrábání. Jeho teplota tavení je 130 °C a po jejím překročení se taví a odkapává. Je tedy teplem tvárný, ale musíme se vyvarovat přílišného přehřátí materiálu. Chemicky je tento materiál velmi odolný. Vlivem vysoušení ztrácí své mechanické vlastnosti a křehne. Absorpcí vody své vlastnosti opět nabírá. (32) (52)

V brýlové optice byl polyamid pod názvem Nylon používán pro výrobu celých brýlových obrub od 60. let 20. století. Vlivem stárí však ztrácel své vlastnosti, a proto se postupně přecházelo k směsím polyamidům kopolyamidům, grilamidům nebo trogamidům. Grilamidy se začaly používat v 80. letech minulého století. Jsou odolnější vůči horku a chladu, zachovávají si svůj tvar a jsou pružnější. Trogamidy obsahují místo běžných aromatických složek alifatické monomery, tvoří mikrokrytalickou strukturu, a díky tomu jsou křišťálově čisté a trvale transparentní. Využívají se i k výrobě brýlových čoček. V současné době jsou polyamidy používány při výrobě především sportovních, slunečních, ochranných a dětských brýlí. (32) (52) (61)



5-14 Ochranné brýle z nylonu (62)

5.3.7 Optyl-epoxidové pryskyřice (EP)

Optyl je termoplastická umělá hmota ze skupiny epoxidových pryskyřic. Byl vyvinut W. Angerem v roce 1964. Jde o velmi lehký, tvrdý a dobře tvarovatelný materiál, který je však křehký. Jeho mechanické vlastnosti jsou obdobné jako u polymethylmetakrylátu. Alergii na tento materiál mohou vyvolat tvrdidla použitá při výrobě. Aby se těmto problémům zamezilo, bývají používány ochranné povrchové vrstvy. (32)

Výroba obrub je prováděna technologií vakuového lití do formy, ve které dochází k vytvrzení kapalné pryskyřice pomocí tvrdidla. Při tomto procesu nejsou použita žádná další změkčovadla. Obruba si pamatuje tvar obruby a po každém nahřátí nad 80 °C se z deformace vrátí do původního tvaru. (32)

V brýlové optice byl používán v 70. a 80. letech minulého století k výrobě celých brýlových obrub. V dnešní době se k tomuto materiálu vrací především drahé luxusní značky při výrobě sportovních nebo slunečních brýlí. Je také používán k vytvoření ochranné vrstvy kovových obrub pomocí elektrostatického práškování. (32)

5.3.8 Polyeterimid (PEI)

Polyeterimid byl vyvinut v roce 1970 americkou společností General Electric Plastics. Jedná se o vysoce amorfní termoplast. Výrobní proces spočívá v polykondenzaci polyamidu a polyeteru. Je vstřikován, lisován, vytlačován nebo lit do forem. (63)

Tento materiál je průhledný, čistý až jantarově zabarvený. Je velmi lehký, robustní, velmi pružný a má dlouhou životnost. Polyeterimid je jen těžce zápalný a má samozhášející vlastnost. Je také odolný proti ultrafialovému záření a běžným chemikáliím. (63)

V brýlové optice je známý pod názvem ULTEM. Je používán pro výrobu celých obrub, a to zejména díky své cenové dostupnosti a procesům výroby, které umožňují masovou produkci. Tento materiál bývá barven pomocí barviv míchaných přímo do hmoty. Spolu s tvarové rozmanitostí tak lze vyrobit velké množství designových a funkčních obrub. (32)



5-15 Brýle z ULTEMu (64)

5.3.9 Akrylonitrilbutadienstyren (ABS)

Tento amorfní termoplastický kopolymer byl vyvinut v roce 1946 americkou společností US Rubber. Proces jeho výroby probíhá na principu polymerace styrenu a akrylonitrilu za přítomnosti butadienu. Vzniklé granule se dále zpracovávají vytlačováním do forem nebo se taví a do forem lijí. (65)

Tento materiál je bílý až krémový. Vyniká mechanickými vlastnostmi, jako je velká pevnost, odolnost proti nárazu, nízká hmotnost a mimořádná houževnatost. Jeho vlastnosti velkou měrou závisí na podílu a poměru jednotlivých složek obsažených v materiálu a na procesech výroby. Akrylonitril společně se styrenem zajišťují tvrdost, odolnost vůči teple a chemickou odolnost. Butadien pak zajišťuje odolnost proti nárazu i při nízkých teplotách. Proces lití do formy při vysoké teplotě zlepšuje lesk a odolnost materiálu při vysokých teplotách. Při vytlačování do formy se materiál stává více odolný vůči nárazu a zvyšuje se celková pevnost výrobku. Samotný akrylonitrilbutadienstyren je hořlavý. Často se tak přidávají přísady zabraňující hoření a přísady chránící materiál před poškozením způsobeným UV zářením. Tento materiál je rovněž hypoalergenní. (52)

V brýlové technice se používá především k výrobě slunečních, sportovních a ochranných brýlí. Použitý je také při výrobě 3D brýlí pro sledování filmů. V současné době je také stavebním materiálem většiny kostek stavebnice LEGO. (65)

5.3.10 Polykarbonát (PC)

Polykarbonát se řadí mezi amorfní termoplastické polymery. Jako první byl vyvinut v roce 1953 doktorem H. Schnelllem z německé společnosti Bayer. Proces výroby spočívá v polykondenzaci bis-fenolu A (BPA) s fosgenem. Vznikají granule, které se roztaví a následně pod tlakem vstříkují do forem. (32) (66)

Je to vysoce transparentní materiál s dobrými optickými a mechanickými vlastnostmi. Je velmi lehký, pevný a houževnatý. Disponuje velkou odolností proti nárazu a je schopen podstoupit velké plastické deformace bez toho aniž by praskl. Je považován za téměř nerozbitný. Snadno však dojde k jeho poškrábání, proto bývá povrchově upravován tvrdící vrstvou. Chemicky není odolný vůči acetonu, rozpouštědlům a lepidlům na jeho bázi. Jeho vlastnosti jsou srovnatelné s vlastnostmi polymethylmetakrylátu. Polykarbonát je však silnější a použitelnější v širším rozsahu teplot. Zároveň je ale dražší. (67)

Díky svým vlastnostem je používán k výrobě ochranných brýlí a štítů. Vyrábí se z něj také samotné obruby převážně sportovních brýlí. Dále je používán pro výrobu brýlových čoček, nosních sedýlek a dalších brýlových komponentů. (32)



5-16 Ochranné brýle z polykarbonátu (68)

5.3.11 Trivex

Trivex je optický polymer na bázi polyuretanu. Představen byl jako revoluční materiál pro výrobu brýlových čoček společností PPG Industries. Vyvinut byl však pro vojenské účely. Při výrobě se ve speciálním stroji mísí dvě složky za dodržení přesného poměru a teploty. Dochází k okamžité chemické reakci a materiál je rovnou vstříkován do skleněné formy. Tyto formy jsou následně tepelně tvrzeny v pecích při teplotách v rozmezí 85-130 °C. Na rozdíl od podobných materiálů je polyuretanová molekula obohacena o dusík. (32)

Je to čistý a lesklý materiál, který je mimořádně lehký, silný a pružný. Disponuje vysokou odolností proti teplu, nárazu a extrémnímu tlaku. Tento materiál je trvanlivý a prakticky nezničitelný. Poskytuje 100 % ochranu proti ultrafialovému záření. (32) (69)

V brýlové optice se s ním setkáváme především jako s materiálem určeným k výrobě brýlových čoček. V poslední době se však používá i k výrobě jak celých slunečních, tak i dioptrických brýlových obrub. Je snadno barvitelný, tudíž jsou z něj vyráběny brýle v široké škále barev. Většinou jsou tyto obruby průsvitné. (32) (69)

5.3.12 Polyvinylchlorid (PVC)

Polyvinylchlorid je po polyethylenu a polypropylenu třetím nejpoužívanějším termoplastickým materiálem na světě. Průmyslově vyráběn začal být ve 30. letech 20. století. Výroba závisí na polymeraci monomerů vinylchloridu, obvykle vzniklých rozkladem 1,2-dichlorethanu. Výsledný produkt ve formě bílého prášku nebo zrnité hmoty je snadno a levně zpracovatelný prakticky všemi způsoby, se kterými se při výrobě umělých hmot setkáváme. Jedná se o procesy vytlačování, lití s vstřikováním do forem, válcováním, vakuovým tvarováním apod. Vyráběny jsou buď fólie, které se následně lisují do desek, nebo přímo desky a bloky, které jsou opracovávány třískovým obráběním. Setkáváme se dvěma základními typy polyvinylchloridu, ty se od sebe liší přísadami, které obsahují. První typ je označován jako Novodur. Obsahuje stabilizátory, maziva a modifikátory. Neobsahuje žádná změkčovadla, takže je pevný, ale křehký. Druhým typem je tzv. Novoplast, který změkčovadla obsahuje a je tak relativně měkký. (52)

Tento materiál se může připravovat čirý nebo barevný. Jeho mechanické vlastnosti závisí na způsobu výroby, stupni změkčení, polymeračním stupni a obsahu přidaných látek, jako jsou stabilizátory apod. Tvrdý PVC je obecně velmi pevný, ale křehký a použitelný jen do 60 °C. Měkký PVC je pružný a elastický. Při teplotě kolem 0 °C křehne. Polyvinylchlorid je dobře tepelně odolný a má samozhášecí schopnost. Při jeho spalování se mohou uvolňovat zdraví nebezpečné plyny. (52) (57)

V brýlové optice se využívá převážně měkká forma PVC. Vyrábí se z něj nosníková sedýlka, koncovky a další komponenty. Tvrdá forma se používá především na výrobu ochranných brýlí. (32)

5.3.13 Silikonový kaučuk

Silikonový kaučuk řadíme mezi syntetické polymerní materiály. Spadá do skupiny elastomerů, charakteristických svou velkou pružností. Vzniká vulkanizací polysiloxanů, reakcí, při které mezi řetězci vznikají disulfidické můstky a tím dochází k zesíťování polysiloxanů. Může obsahovat přísady, které vedou ke zlepšení vlastností. (32)

Z hlediska mechanických vlastností jde o velmi měkký a pružný materiál. Má nízkou pevnost v tahu a je celkem citlivý na únavu z cyklického zatěžování. Je velmi stabilní z hlediska tepelných vlastností. Odolný je vůči extrémním teplotám v rozmezí od $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+316\text{ }^{\circ}\text{C}$ při zachování jeho vlastností. S většinou chemikálií nereaguje, je propustný pro kyslík. (70)

V brýlové optice se silikonový kaučuk hojně používá pro výrobu nosníkových sedýlek, koncovek nebo různých vložek tlumících nárazy. Silikonová sedýlka se dobře přizpůsobují nosu a jsou vyráběna v bezpočtu tvarů a velikostí. Vyráběna jsou i nalepovací sedýlka, která tvoří vložku mezi nosníkem a nosem, pokud nosník dokonale neobepíná nos. (32)

5.3.14Hytrel

Hytrel je polyesterový elastomer s termoplastickými vlastnostmi. Jedná se o blokový kopolymer na bázi eter-esteru. Vyznačuje se vynikajícími mechanickými vlastnostmi, jako je dobrá odolnost proti nárazu, roztržení a prasknutí. Je velmi houževnatý a své mechanické vlastnosti si zachovává i při vysokých teplotách. Dobře odolává chemikáliím, olejům a rozpouštědlům. Je to hydrofobní materiál, který se s narůstající vlhkostí stává více přilnavý. (71)

Zpracovává se běžnými procesy pro výrobu termoplastických hmot, jako je vstříkávání, vytlačování nebo lití do formy. Při jeho výrobě je možné přidat barviva nebo přísady, které ovlivní jeho vlastnosti. (71)

V brýlové optice se tento materiál používá především k výrobě nosníkových můstků, a koncovek stranic. (72)

5.4 Kompozitní materiály

Kompozitní materiály jsou složeny se dvou nebo více substancí, které mají rozdílné vlastnosti. Takto vzniklý materiál získává vlastnosti, kterými nedisponuje žádná z jeho substancí. Používají se především velmi jemná, ale silná vlákna, která kompozitu dodávají pevnost a lehké plasty zastupující funkci pojiva. Největší výhodou těchto materiálů je právě jejich nízká hmotnost. Jejich mez únavy je vysoká, jsou tak stabilní a spolehlivé. V porovnání s lehkými plastickými slitinami mají dobrou ohnivzdornost, avšak jejich výpary mohou být toxické. Díky jejich unikátním vlastnostem jsou v dnešní době používány napříč velkou řadou technických odvětví. Používají se v závodním odvětví automobilového, leteckého a lodního průmyslu. Můžeme se s nimi ale setkat i v medicíně v podobě lehkých a funkčních protéz, nebo v brýlové technice. Nejvíce používanými kompozitními materiály jsou uhlíková vlákna, skleněná vlákna a Kevlar. (73) (74)

5.4.1 Uhlíkové vlákno

Uhlíkové, neboli karbonové vlákno je v současné době asi nejznámějším a nejběžněji používaným kompozitním materiálem. Poprvé bylo vytvořeno již v roce 1880 slavným T. A. Edisonem pro zhotovení prvního vlákna žárovky. Průmyslově začalo být vyráběno až po roce 1957. Od té doby se procesy výroby zdokonalovaly a pro přípravu uhlíkových vláken se používaly nové a nové suroviny. (74) (75)

Jejich způsob výroby se zcela liší od postupů, se kterými se setkáváme u kovových, polymerních nebo skelných materiálů. Na rozdíl od těchto materiálů uhlík netaje, není tažný a je dokonale odolný vůči rozpouštědlům. Uhlíková vlákna jsou vyráběna na principu řízené pyrolýzy organických prekurzorů. Ty se zpracovávají již ve formě vláken, plstí nebo textílie, protože karbonizací se uchová jejich tvar. Výroba uhlíkového vlákna probíhá v pěti základních krocích: (74) (76)

1. Příprava prekurzoru – dochází k zvláknování surovin pro výrobu
 2. Stabilizace – z dlouhých vláken se vlivem teploty stává zesítená struktura
 3. Karbonizace – převod prekurzorů na uhlíková vlákna vlivem vysoké teploty
 4. Grafitizace – není potřebná, ale pokud k ní dochází, vzniká vrstevnatá struktura grafitových vláken
 5. Povrchová úprava – zajišťuje lepší přilnavost dalších látek a zhrubnutí povrchu
- (76)

Karbonová vlákna mají matný vzhled a jsou neprůhledná. Jsou neroztažitelná, pružná a trvanlivá, díky tomu je Karbon tuhý a pevný. Má až třikrát nižší hmotnost než titan a obruby z něj vyrobené váží jen pár gramů. (74)

V brýlové optice jsme se s karbonem zprvu setkali jen v podobě doplňků a dekorativních prvků. Posléze se z karbonu začaly vyrábět stranice a v dnešní době jsou na trhu zastoupeny i celé obruby z tohoto materiálu. Z uhlíkových vláken vyrábí své obruby např. značka Redbull, která se designem a materiály inspirovala u vozů Formule 1.

5.4.2 Skleněné vlákno

Skleněná vlákna vytváří spolu s pryskyřicí kompozitní materiál, který je označován jako skelný laminát nebo sklolaminát. Tento materiál se vyznačuje větší houževnatostí než vlákna uhlíková. Skleněná vlákna se vyrábějí tažením taveniny vytékající z platinových trysek. Vytažená vlákna jsou opatřena tenkým povlakem zabraňujícím jejich lámání a následně jsou namotána na buben. V brýlové optice se používá převážně k výrobě brýlových očnic. (74)

5.4.3 Kevlar

Kevlar je tvořen para-amidovými vlákny a využívá se k výrobě kompozitních materiálů, které jsou velmi pevné a odolné. Byl vyvinut v roce 1971 firmou DuPont. Má vysokou sočivost, což ho činí nevhodným materiálem do vlhkých prostředí. Smáčivost je však důležitá k navazování na jiný polymer. Tímto způsobem jsou z něj společně s uhlíkovými a křemíkovými vlákny tvořeny ve velké míře používané kompozitní materiály. K výrobě brýlových obrub se kevlar používá jen příležitostně. (77)

6 Legislativní povinnost při prodeji brýlí

Brýle, kontaktní čočky a další zboží vydávané v optice patří podle zákona č. 286/2014 Sb., o zdravotnických prostředcích mezi zdravotnické prostředky. Tento zákon vychází ze směrnice EU. Zdravotnické prostředky jsou specifickou kategorií výrobků, které podléhají zvláštní regulaci kvůli svému potenciálnímu vlivu na bezpečnost a zdraví lidí. Jejich regulace se týká požadavků na výrobu, vlastností zacházení, výdeje a jejich užívání. (78) (79)

Zdravotnické prostředky jsou klasifikovány do tříd podle míry rizika odpovídajícího jejich použití:

- I.** Nejméně invazivní prostředky (tzv. spotřební) – do této kategorie patří brýle.
- IIa.** Zdravotnické prostředky, které se krátkodobě používají v lidském těle nebo na jeho povrchu.
- IIb.** Zdravotnické prostředky, které se v lidském těle, či na jeho povrchu nacházejí po nespécifikovanou dobu – do této kategorie spadají kontaktní čočky a jejich roztoky.
- III.** Nejvíce invazivní zdravotnické prostředky. (78)

Zdravotnické prostředky také můžeme rozdělit na sériově vyráběné a individuálně zhotovené. Sériově vyráběné zdravotnické prostředky na sobě musí nést CE označení a musí být také doplněny prohlášením o shodě. U individuálně zhotovených prostředků není CE označení ani prohlášení o shodě potřeba. Takový prostředek musí být doplněn prohlášením o individuálně zhotoveném zdravotnickém prostředku. (80)

Při prodeji zdravotnických prostředků se provozovateli optiky ukládá tzv. ohlašovací povinnost. Dnes již probíhá výhradně elektronicky prostřednictvím Registru zdravotnických prostředků (RZPRO). O splnění této povinnosti podle zákona rozhoduje Státní ústav pro kontrolu léčiv (SÚKL). (80) (78)

Při výdeji zhotovených brýlí s dioptriemi zákazníka, coby individuálně zhotoveného prostředku, musí optika vydat zákazníkovi zvláštní prohlášení. Zároveň je optika povinna si toto prohlášení uchovat po dobu minimálně 5 let. Toto prohlášení může být v podobě zakázkové karty a musí obsahovat: (78) (81)

1. Jméno, příjmení a adresu trvalého pobytu výrobce; název firmy a její adresu
2. Údaje umožňující identifikaci příslušného zdravotnického prostředku
3. Prohlášení o tom, že zdravotnický prostředek je určen výhradně pro určitého pacienta, jehož jméno a příjmení je zde uvedeno
4. Jméno a příjmení lékaře, který zdravotnický prostředek předepsal; název firmy, která je podle zvláštních právních předpisů oprávněna tyto prostředky poskytovat
5. Specifické vlastnosti zdravotnického prostředku tak, jak jsou uvedeny v jeho předpisu
6. Prohlášení o tom, že tento zdravotnický prostředek vyhovuje základním požadavkům (81)

Zároveň si musí optika vytvářet a uchovávat dokumentaci individuálně zhotovených zdravotních pomůcek. Ta musí obsahovat místo (adresu), kde byly tyto prostředky zhotoveny a informace, podle kterých lze zpětně posoudit shodu výrobku s předepsanými požadavky (centrací údaje, postup při zábrusu). Mimo jiné je optika povinna uchovávat také dokumentaci o přijímání, dodání a vyskladnění zdravotnických prostředků. (78)

Živnost očního optika je podle živnostenského zákona živností vázanou. Krom všeobecných podmínek tak musí žadatel splnit i podmínky zvláštní tj. odborná způsobilost k vykonávání tohoto zdravotnického povolání. (82)

Některé důležité zákony týkající se živnosti očního optika:

- Zákon č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách
- Vyhláška č. 92/2012 Sb., o požadavcích na minimální technické a věcné vybavení
- Vyhláška č. 99/2012 Sb., o požadavcích na minimální personální zabezpečení
- Zákon č. 201/2017 Sb., o podmínkách získávání a uznávání odborné způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání
- Zákon č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání

7 Praktická část

7.1 Úvod do praktické části

Brýlové obruby jsou manufakturami vyráběny v mnoha tvarech a provedeních, v mnoha velikostech brýlových středů, s různými délkami straníc a různými velikostmi a tvary nosníků. Tyto parametry se při vývoji nových modelů brýlových obrub odvozují od statistických hodnot anatomických proporcí naměřených na určitém výčtu populace. Tím se výrobci snaží docílit toho, aby jejich brýle padly co možná nejvíce uživatelům. Je však jasné, že takto nelze vyhovět všem klientům bez výjimky. Požadavky a potřeby zákazníka jsou vždy individuální a optik má za úkol je brát při výběru vhodné brýlové obruby v potaz. Pokud klientovi z určitých důvodů nevyhovují konvenční brýlové obruby, je jednou z možností řešení výroba individualizovaných brýlových obrub. Při takové výrobě akceptujeme individuální anatomické proporce klientova obličeje tak, aby došlo k dokonalému usazení obruby. Bereme v potaz tvar a velikost kořene nosu pro výrobu správně anatomicky tvarovaného nosníku, šířku hlavy pro zvolení správné velikosti obruby, klientovo PD pro zvolení správné velikosti a tvaru brýlové očnice nebo také vzdálenost korekční pomůcky od uší tak, abychom zvolili vyhovující délku straníc. Zákazník se také může podílet na vývoji designu vlastní obruby, a tím vyjádřit svůj osobitý styl.

7.2 Metodika

Cílem této práce je popsání procesu výroby individuálně zhotovené brýlové obruby. Praktická část je rozdělena do dvou částí. V rámci první části bylo prováděno měření na figurantech. Cílem bylo změřit anatomické proporce jejich hlav a obličejů tak, aby byly mezi jednotlivými parametry nalezeny matematické poměry. Tyto anatomické proporční parametry byly měřeny pomocí posuvného měřidla. Patřila mezi ně šířka hlavy na spáncích, šířka hlavy u vnějších koutků očí a šířka kořene nosu. Dále pak vzdálenost středů zornic neboli PD měřené pomocí PD metru. Dále byly zaznamenávány parametry brýlových orub, které figuranti aktuálně nosí. Mezi tyto parametry patřila velikost očnice, velikost nosníku, vzdálenost středů očních, celková šířka brýlového středu a vzdálenost, kde stranice obruby dosahuje k uchu klienta. Na základě naměřených hodnot byly nalezeny vztahy a poměry mezi anatomickými proporcemi a parametry, které by měla mít ideální brýlová obruba. Jednalo se především o poměr mezi PD klienta a velikostí očnice, poměr šířky hlavy u spánků a šířky hlavy u koutků očí, poměr PD a vzdáleností středů očních. Dalším parametrem, který byl pozorován, byl úhel rozšiřování kořene nosu. Šířku jeho kořene jsem měřil v úrovni očí a poté o 1 cm níže. Tento úhel také vyjadřuje, jaký je průměrný úhel anatomického nosníku, který naměření figuranti potřebují. Posledním parametrem bylo průměrné rozevření stranic obrub, které klienti aktuálně nosí. Tyto poznatky by následně pomohly při vytváření individuální brýlové obruby a výrazně zrychlily proces konstrukce jejího návrhu. Druhá část se poté zabývá samotným procesem výroby individuální brýlové obruby počínajícím první schůzkou s klientem a končícím předáním již hotových brýlí.

7.3 Naměřené hodnoty a výpočty

7.3.1 Poměr šířky hlavy na spáncích a u vnějších koutků očí

Jako první byla na figurantech měřena šířka hlavy na spáncích a šířka hlavy u vnějších koutků. Měření bylo prováděno pomocí posuvného měřidla. Celkem byla šířka hlavy změřena u třiceti čtyř figurantů. Mezi šířkou hlavy na spáncích a šířkou hlavy u vnějších koutků byl následně pro všechny figuranty vypočítán matematický poměr. Po vypočítání směrodatné a průměrné odchylky lze poté zjistit, jak se poměr u jednotlivých figurantů lišil oproti poměru průměrnému.

Tabulka 1 naměřené hodnoty šířky hlavy na spáncích, šířky hlavy u vnějších koutků a poměr vypočtený z těchto hodnot

figurant	šířka hlavy na spáncích (mm)	šířka hlavy u vnějších koutků (mm)	poměr p (%)
1	140	102	72,86
2	149	107	71,81
3	160	107	66,88
4	144	110	76,39
5	147	104	70,75
6	154	121	78,57
7	166	101	60,84
8	168	128	76,19
9	142	126	88,73
10	142	108	76,06
11	149	102	68,46
12	152	102	67,11
13	148	106	71,62
14	160	124	77,50
15	151	112	74,17
16	158	113	71,52
17	166	125	75,30
18	168	114	67,86
19	167	101	60,48
20	155	122	78,71
21	166	121	72,89
22	149	102	68,46
23	152	118	77,63
24	168	126	75,00
25	170	121	71,18
26	168	116	69,05
27	182	126	69,23
28	162	110	67,90
29	140	107	76,43
30	163	105	64,42
31	145	122	84,14
32	167	118	70,66
33	156	130	83,33
34	156	117	75,00

Poměr mezi šířkou hlavy na spáncích a šířkou hlavy u vnějších koutků vyjádřený v procentech je vypočítán podle tohoto vzorce.

$$p = \frac{\text{šířka hlavy u vnějších koutků}}{\text{šířka hlavy na spáncích}} \cdot 100 \quad (1)$$

Průměrný poměr těchto hodnot byl pak vypočítán jako aritmetický průměr všech poměrů.

$$\bar{p} = \frac{(p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_{34})}{34} \quad (2)$$
$$\bar{p} = 72,72 \%$$

Následně byla spočítána směrodatná odchylka σ jako odmocnina z rozptylu vypočtených poměrů.

$$\sigma = \sqrt{\text{var}(p)} \quad (3)$$
$$\sigma = 6,07 \%$$

Průměrná odchylka je ukazatelem variability. Vypočtena byla jako průměr absolutních odchylek jednotlivých měření od aritmetického průměru.

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^N |x_i - \bar{x}|}{n} \quad (4)$$
$$\bar{d} = 4,83 \%$$

Při použití průměrného poměru, který byl vypočítán, lze zjistit, jaká šířka u vnějších koutků očí odpovídá průměrné hodnotě šířky hlavy na spáncích. Po přepočítání průměrné odchylky lze také zjistit odchylku ve výsledku v mm.

šířka hlavy u vnějších koutků = průměrná šířka hlavy na spáncích · průměrný poměr

$$\text{šířka hlavy u vnějších koutků} = 156,8 \cdot 0,7272$$

$$\text{šířka hlavy u vnějších koutků} = 114,02 \pm 5,51 \text{ mm}$$

7.3.2 Poměr šířky hlavy na spáncích a celkové šířky brýlového středu

Následně byl zkoumán poměr mezi šířkou hlavy na spáncích a celkovou šířkou brýlového středu. Z vypočtených dat byl opět vypočítán průměrný poměr, směrodatná a průměrná odchylka. Tento poměr vypočtený u vzorku lidí lze následně použít při konstrukci návrhu individuální brýlové obruby.

Tabulka 2 naměřené hodnoty šířky hlavy na spáncích, celkové šířky brýlového středu a poměry vypočtené z těchto hodnot

figurant	šířka hlavy na spáncích (mm)	celková šířka brýlového středu (mm)	poměr p (%)
1	144	133	92,36%
2	152	137	90,13%
3	143	127	88,81%
4	151	143	94,70%
5	163	142	87,12%
6	145	141	97,24%
7	167	137	82,04%
8	142	138	97,18%
9	168	135	80,36%
10	168	145	86,31%
11	140	130	92,86%
12	151	143	94,70%
13	156	145	92,95%

Poměr mezi šířkou hlavy a celkovou šířkou brýlového středu vyjádřený v procentech je vypočítán podle tohoto vzorce

$$p = \frac{\text{celková šířka brýlového středu}}{\text{šířka hlavy na spáncích}} \cdot 100 \quad (5)$$

Následně byl opět vypočítán průměrný poměr v procentech podle vzorce (2), směrodatná odchylka podle vzorce (3) a průměrná odchylka podle vzorce (4).

$$\bar{p} = 90,52 \%$$

$$\sigma = 5,17 \%$$

$$\bar{d} = 4,36 \%$$

Při použití průměrného poměru, který byl vypočítán, lze zjistit, jaká celková šířka brýlového středu odpovídá průměrné hodnotě šířky hlavy na spáncích. Po přepočtení průměrné odchylky lze také spočítat odchylku výsledku v mm tak, jako u předchozího příkladu.

$$\text{celková šířka brýlového středu} = 141,9 \pm 6,2 \text{ mm}$$

7.3.3 Poměr mezi vzdáleností středů očí a PD

Dalším zkoumaným parametrem byl poměr mezi vzdáleností středů očí obruby a PD klienta. Vzdálenost mezi středy očí byla měřena pravítkem jako vzdálenost mezi pravým vnitřním okrajem levé oční a pravým vnitřním okrajem oční pravé. Z naměřených dat byl opět vypočten aritmetický průměr, směrodatná a průměrná odchylka.

Tabulka 3 naměřené hodnoty vzdáleností středů očí, PD a poměry vypočtené z těchto hodnot

figurant	vzdálenost středů očí (mm)	PD (mm)	poměr (%)
1	65	56,5	115,04
2	68	56,5	120,35
3	71	58,5	121,37
4	69	59	116,95
5	69	59,5	115,97
6	72	60	120,00
7	69	60	115,00
8	72	60,5	119,01
9	71,5	60,5	118,18
10	70	61	114,75
11	66	61	108,20
12	70	61,5	113,82
13	67	62	108,06
14	71	62,5	113,60
15	69	63	109,52
16	69	63,5	108,66
17	73	64	114,06
18	69	64	107,81
19	78	64,5	120,93
20	73	65	112,31
21	70	65,5	106,87
22	73	65,5	111,45
23	72	66	109,09
24	76	66,5	114,29
25	73	67	108,96
26	74	67,5	109,63
27	75	68,5	109,49
28	74	68,5	108,03
29	69	59,5	115,97
30	73	64,5	113,18
31	72	67	107,46
32	71	63	112,70
33	76	70,5	107,80
34	73	68,5	106,57

Poměr mezi vzdáleností středů očnic a PD vyjádřený v procentech byl vypočítán podle tohoto vzorce.

$$p = \frac{\text{vzdálenost středů očnic}}{\text{PD}} \cdot 100 \quad (6)$$

Průměrný poměr byl vypočten podle vzorce (2), směrodatná odchylka podle vzorce (3) a průměrná odchylka podle vzorce (4).

$$\bar{p} = 112,80 \%$$

$$\sigma = 4,44 \%$$

$$\bar{d} = 3,82 \%$$

Při použití průměrného poměru, který byl vypočítán, lze obdobným způsobem jako u předchozích příkladů zjistit, jaká vzdálenost středů očnic by měla odpovídat průměrné hodnotě naměřeného PD. Po přepočtu průměrné odchylky lze také zjistit, jaká je odchylka výsledku v mm.

vzdálenost středů očnic = průměrná hodnota naměřeného PD · průměrný poměr

$$\text{vzdálenost středů očnic} = 63,3 \cdot 1,128$$

$$\text{vzdálenost středů očnic} = 70,97 \pm 2,71 \text{ mm}$$

7.3.4 Poměr mezi PD a šířkou očnice udávané výrobcem

Dále byly v rámci praktické části porovnávány naměřené hodnoty PD a výrobcem udávané šířky očnic obrub, které daní klienti aktuálně nosí. Z těchto dvou hodnot byl opět vypočítán poměr. Ten lze použít jak při návrhu tvaru a velikosti individuální brýlové obruby, tak i ke zrychlení výběru velikosti sériově vyráběné obruby při výběru brýlí. Z jednotlivých poměrů byl opět vypočítán poměr průměrný, směrodatná a průměrná odchylka.

Tabulka 4 naměřené hodnoty PD, šířky očnice a poměry vypočtené z těchto hodnot

figurant	PD (mm)	šířka očnice (mm)	poměr (%)
1	56,5	47	120,21
2	56,5	52	108,65
3	58,5	53	110,38
4	59	49	120,41
5	59,5	49	121,43
6	60	54	111,11
7	60	52	115,38
8	60,5	57	106,14
9	60,5	52	116,35
10	61	51	119,61
11	61	49	124,49
12	61,5	52	118,27
13	62	53	116,98
14	62,5	52	120,19
15	63	50	126,00
16	63,5	51	124,51
17	64	52	123,08
18	64	53	120,75
19	64,5	56	115,18
20	65	51	127,45
21	65,5	53	123,58
22	65,5	54	121,30
23	66	52	126,92
24	66,5	52	127,88
25	67	54	124,07
26	67,5	53	127,36
27	68,5	54	126,85
28	68,5	56	122,32
29	59,5	51	116,67
30	64,5	53	121,70
31	67	55	121,82
32	63	53	118,87
33	70,5	57	123,68
34	68,5	56	122,32

Poměr mezi PD a šířkou očnice vyjádřený v procentech je vypočítán podle tohoto vzorce.

$$p = \frac{\text{PD}}{\text{šířka očnice}} \cdot 100 \quad (7)$$

Průměrný poměr byl opět vypočten jako aritmetický průměr poměrů podle vzorce (2), směrodatná odchylka podle vzorce (3) a průměrná odchylka podle vzorce (4).

$$\bar{p} = 120,35 \%$$

$$\sigma = 5,39 \%$$

$$\bar{d} = 4,17 \%$$

Při dosazení vypočteného průměrného poměru do následujícího vzorce lze zjistit, jaká šířka očnice, udávaná výrobcem, odpovídá naměřenému PD klienta. Po přepočtení průměrné odchylky lze také zjistit odchylku v mm.

$$\text{šířka očnice} = \frac{\text{průměrná hodnota naměřeného PD}}{\text{průměrný poměr}}$$

$$\text{šířka očnice} = \frac{63,3}{1,2035}$$

$$\text{šířka očnice} = 52,6 \pm 2,2 \text{ mm}$$

7.3.5 Úhel rozevření straníc

Jako další byla pozorována míra rozevření straníc brýlových obrub, které figuranti nosí. Mírou rozevření byl myšlen úhel vyjadřující odchylku od pravého úhlu svíraného straníc a brýlovým středem. Pro výpočet tohoto úhlu bylo potřeba znát šířku hlavy na spáncích, celkovou šířku brýlového středu a vzdálenost, kde stranice obruby dosahuje k uchu. Z naměřených hodnot byl opět vypočítán průměrný úhel rozevření a směrodatná a průměrná odchylka.

Tabulka 5 naměřené hodnoty šířky hlavy na spáncích, celkové šířky obruby, vzdálenosti od obruby k uchu a úhly rozevření straníc vypočítané z těchto hodnot

figurant	šířka hlavy na spáncích (mm)	celková šířka brýlového středu (mm)	vzdálenost brýle ucho (mm)	úhel rozevření stranice α (°)
1	144	133	95	3,315
2	152	137	110	3,904
3	143	127	92	4,976
4	151	143	112	2,046
5	163	142	105	5,720
6	145	141	110	1,042
7	167	137	130	6,596
8	142	138	115	0,996
9	168	135	107	8,800
10	168	145	98	6,708
11	140	130	93	3,079
12	151	143	112	2,046
13	156	145	100	3,150

Úhel rozevření straníc byl vypočítán podle tohoto vzorce

$$\alpha = \sin \left(\frac{\text{šířka hlavy na spáncích} - \text{šířka brýlového středu}}{2 \cdot \text{vzdálenost brýle ucho}} \right) \quad (8)$$

Následně byl vypočítán průměrný úhel rozevření straníc jako aritmetický průměr vypočtených hodnot a posléze směrodatná a průměrná odchylka měření podle vzorců (3) a (4).

$$\bar{\alpha} = 4,03^\circ$$

$$\sigma = 2,295^\circ$$

$$\bar{d} = 1,95^\circ$$

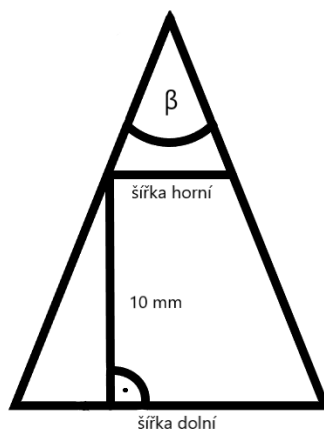
Po dosazení průměrné hodnoty vzdálenosti, kde stranice obruby dosahuje k uchu, průměrné hodnoty šířky hlavy na spáncích a průměrné hodnoty šířky brýlového středu do vzorce (8) lze dopočítat úhel rozevření straníc odpovídající těmto hodnotám.

$$\alpha = \sin \left(\frac{156,8 - 138,2}{2 \cdot 106} \right)$$

$$\alpha = 5,029^\circ$$

7.3.6 Úhel sklonu kořene nosu

Následně byl na figurantech pozorován a pomocí měření také vypočítán průměrný úhel rozšiřování kořene nosu β . Tento úhel také vyjadřuje potřebný úhel, který by měl svírat anatomický nosník obruby. K výpočtu tohoto úhlu bylo potřeba změřit šířku kořene nosu ve dvou úrovních. Nejdříve jsem šířku měřil v úrovni očí a poté o jeden centimetr níže.



7-1 schéma měřeného úhlu

Tabulka 6 naměřené hodnoty šířky kořene nosu a z nich vypočtené úhly sklonu nosního kořene

figurant	šířka nosu horní [mm]	šířka nosu dolní [mm]	úhel nosníku β [°]
1	14,1	18,1	11,31
2	12,6	15	6,84
3	14,8	20,2	15,11
4	15,6	18,6	8,53
5	15,2	22,4	19,80
6	17,5	19,8	6,56
7	12,8	16,2	9,65
8	13,1	17,4	12,13
9	16	18,5	7,13
10	16,5	19,1	7,41
11	14,8	17,4	7,41
12	13,4	18,9	15,38
13	17	19	5,71
14	13,2	15	5,14
15	14	15,6	4,57
16	12,4	17,4	14,04
17	15	22	19,29
18	14	21	19,29
19	18,5	25,5	19,29

Úhel sklonu nosního kořene β byla vypočítána podle tohoto vzorce.

$$\beta = \left[\tan^{-1} \left(\frac{\text{šířka nosu dolní} - \text{šířka nosu horní}}{2} \right) \right] \cdot 2 \quad (9)$$

Průměrný úhel sklonu nosního kořene byl opět vypočítán jako aritmetický průměr vypočtených hodnot. Směrodatná a průměrná odchylka měření byla vypočtena podle vzorců (3) a (4).

$$\bar{\beta} = 22,59^\circ$$

$$\sigma = 10,44^\circ$$

$$\bar{d} = 9,26^\circ$$

Obdobně jako u předešlého měření lze po dosazení průměrných hodnot šířek nosního kořene spočítat úhel sklonu kořene odpovídající těmto hodnotám.

$$\beta = \left[\tan^{-1} \left(\frac{18,795 - 14,763}{2} \right) \right] \cdot 2$$

$$\beta = 22,79^\circ$$

7.4 Aplikace vypočtených poměrů

Následovala aplikace vypočtených poměrů a vztahů. Cílem bylo za pomoci vypočtených průměrných poměrů vypočítat, jaké parametry by měla mít obruba konkrétního klienta. Jeho anatomické proporce byly změřeny stejným způsobem jako u předešlých figurantů. Zajímala nás především šířka brýlového středu, šířka očnice, která by odpovídala konfekčnímu značení a úhel sklonu kořene nosu odpovídající úhlu, který by mezi sebou svíraly plochy anatomického nosníku.

Tabulka 7 Naměřené anatomické parametry konkrétního klienta

parametr	hodnota (mm)
šířka hlavy na spáncích	156
PD	70,5
horní šířka kořene nosu	18,5
dolní šířka kořene nosu	25,5

Prvním počítaným parametrem byla celková šířka brýlového středu odvozená od šířky klientovy hlavy měřené na spáncích. K výpočtu byl použit průměrný poměr mezi těmito dvěma parametry vypočítaný podle vzorce (5).

$$\text{šířka brýlového středu} = \text{šířka hlavy na spáncích} \cdot \text{průměrný poměr}$$

$$\text{šířka brýlového středu} = 156 \cdot 0,9052$$

$$\text{šířka brýlového středu} = 141,21 \text{ mm}$$

Dalším počítaným parametrem byla šířka očnic, která by odpovídala konfekčnímu značení. K výpočtu byl opět použit průměrný poměr vypočtený podle vzorce (7) a PD klienta.

$$\text{šířka očnice} = \frac{\text{PD}}{\text{průměrný poměr}}$$

$$\text{šířka očnice} = \frac{70,5}{1,2035}$$

$$\text{šířka očnice} = 58,6 \text{ mm}$$

Posledním počítaným parametrem byl úhel sklonu kořene nosu β , neboli úhel, který by měly svírat plochy anatomického nosníku obruby. Tento úhel byl vypočítán podle vzorce (9).

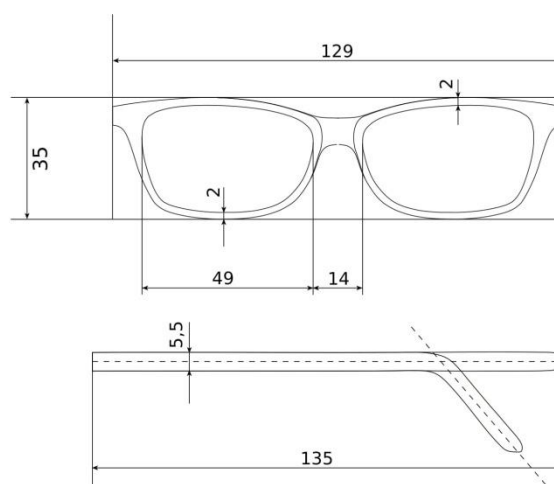
$$\beta = \left[\tan^{-1} \left(\frac{18,5 - 25,5}{\frac{2}{10}} \right) \right] \cdot 2$$

$$\beta = 38,6^\circ$$

K vypočteným hodnotám lze přiřadit hodnoty průměrných odchylek měření a vyjádřit tak toleranci, kterou lze konstrukčně připustit. Hodnotám šířek brýlového středu byla vypočtena průměrná odchylka $\pm 6,2$ mm. Šířka brýlového středu odpovídající klientově šířce hlavy na spáncích se tak pohybuje v rozmezí od 147,4 do 135 mm. Dalším vypočteným parametrem byla šířka očnice odpovídající konfekčnímu značení, která je úměrná klientovu PD. K výsledku byla opět připočtena odchylka měření. Výsledná hodnota šířky očnice, která by byla klientovi doporučena, se pak pohybuje v rozmezí od 60,8 do 56,4 mm. Po zaokrouhlení lze výsledek hodnotit v rozmezí od 61 do 56 mm, protože konfekční šířky očí jsou udávány ve většině případů v celých číslech. Poslední parametrem, který byl vypočítán, byl úhel β svíraný plochami anatomického nosníku. V tomto případě vyšel tento úhel $38,6^\circ$.

7.5 Proces výroby individuální brýlové obruby

Brýlové obruby jsou prostředkem sloužícím k držení předepsaných dioptrických, ochranných nebo jiných čoček před očima klienta. Spolu s čočkami tvoří finální výrobek, který slouží ke zlepšení zrakových funkcí nebo komfortu jejich nositele. K popsání procesu výroby individuální brýlové obruby jsem se rozhodl použít plastové obruby z acetátu celulózy. Tento materiál je dobře obrábitelný, tvarovatelný a dobře povrchově upravitelný, takže z něj můžeme snadno realizovat naše návrhy a přizpůsobit parametry a vlastnosti klientovým požadavkům. Plastová brýlová obruba se skládá ze středového dílu, ve kterém se nachází očníce, do nichž jsou v drážce zasazena brýlová skla. Dále pak na brýlovém středu rozlišujeme nosník, který je anatomicky tvarován tak, aby zajistil správné dosednutí na kořen nosu uživatele a tím zajistil správné sezení brýlové obruby. Na brýlích také najdeme stěžežky, které slouží k uchycení straníc. Stranice pak obepínají spánkovou oblast a jejich koncovky jsou zahnuté za ušní boltce, čímž napomáhají ke stabilitě brýlové obruby na obličeji klienta.

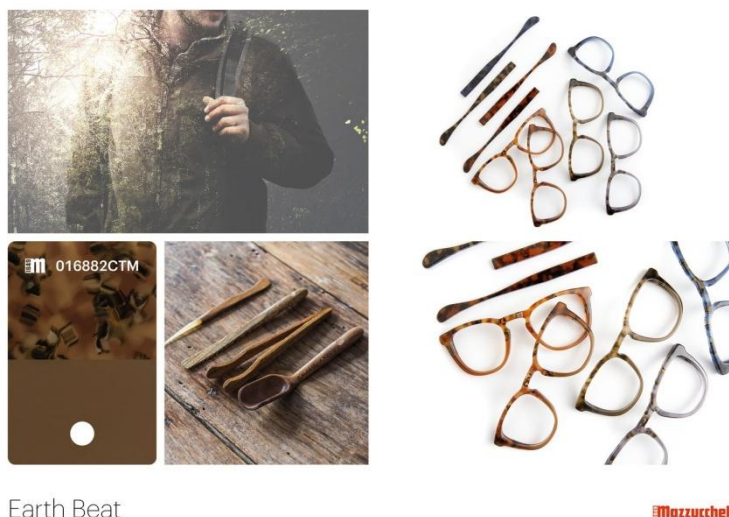


7-2 Technický výkres obruby

Celý proces výroby zahrnuje všechny dílčí procesy od prvního setkání s klientem, přes objednání materiálu a jeho zpracování, až po zhotovení finální brýlové pomůcky včetně jejího předání.

Na první schůzce s klientem, která trvá asi 90 minut, probíhá zhotovení sádrového odlitku jeho nosu, výběr barvy a struktury materiálu, ze kterého budou brýle vyrobeny. Následně s klientem vybíráme návrh vhodného tvaru a velikosti obruby. Vše po konzultaci a rozboru anatomie jeho obličeje a současných módních trendů.

Materiál je optikou, ve které pracuji, nakupován od italské firmy Mazzucchelli 1849. Jedná se o rodinnou firmu s dlouholetou tradicí, která se specializuje na výrobu materiálů určených k výrobě brýlových obrub jako je umělá rohovina, dřevěné materiály nebo právě acetát celulózy. Tento materiál je vyráběn lisováním několika vrstev. Pro barevný efekt jsou do acetátu přidávána barviva nebo jsou do něj lisovány již obarvené acetátové hobliny. Prodáván je pak v podobě desek s různou vnitřní strukturou, barvou a stupněm probarvení. Takto koupený materiál je používán k výrobě brýlových středů a straníc frézováním pomocí CNC frézy. Stranice mohou být případně pořízeny jako hotový výrobek, do kterého jsou již zatavena očka sloužící k uchycení straníc ke stěžejkám brýlového středu. Takto předem připravené stranice jsou kupovány od dodavatele brýlových dílů BS optik s.r.o.



Earth Beat

Mazzucchelli

7-3 Produktový katalog firmy Mazzucchelli (83)

Samotný proces výroby obruby jako takové se dá rozdělit na několik dílčích procesů. Tyto jednotlivé kroky jsou znázorněné na procesní mapě.

- Návrh tvaru obruby – Při výběru tvaru je nutné zohlednit anatomii tváře pro zvolení správné velikosti obruby. Dále je důležité zohlednit anatomii kořene nosu pro vytvoření správně tvarovaného anatomického nosníku. Ke každému návrhu je přistupováno individuálně tak, aby se zohlednily všechny anatomické rysy klienta a tím se dosáhlo jeho spokojenosti. Návrhy zpracováváme v počítačovém programu Inkscape. Tento vektorový program umožňuje opětovný zásah a úpravu návrhu. Zároveň je v něm možné návrhy dlouhodobě archivovat.

- Řezání tvaru – Návrh je poté vytisknut v měřítku 1:1 a nalepen na acetátovou desku požadované barvy a struktury. Následně je s použitím této šablony vyříznut výsledný tvar brýlové obruby. K samotnému vyříznutí z desky používáme lupínkovou pilku. Po vyříznutí základního tvaru jsou do něj vrtačkou vyvrtány otvory tvořící očnice. Ty jsou následně lupínkovou pilkou upraveny pro dosažení výsledného tvaru očnic. Druhou možností vyříznutí základního tvaru je použití tzv. CNC frézy. V takovém případě je návrh obruby z programu Inkscape převeden do programu Artcam, kompatibilního se softwarem frézy. V něm lze nastavit proces frézování tvaru tak, aby nám co nejvíce ulehčil práci. Fréza je zároveň velice přesná což zaručuje kvalitní zpracování. Pomocí této frézy lze také gravírovat loga či jiných emblémů do stranic. Zároveň jsou pomocí ní vyfrézovány otvory, do kterých jsou následně zataveny stěžečky.



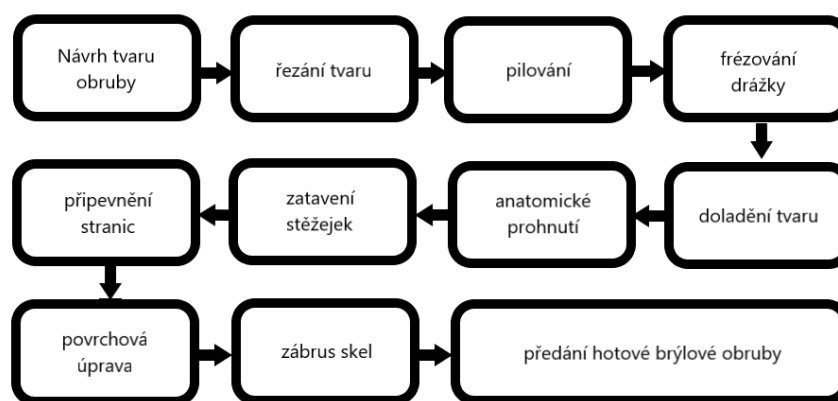
7-4 Vyfrézovaný základní tvar obruby

- Pilování – pomocí pilníku je poté začištěn přesný obvod a tvar obruby. Velký důraz klademe na vnitřní obvod očnic, který je pečlivě vypilován a začištěn smirkovým papírem různých hrubostí až do hladka.
- Frézování drážky – drážka, do které jsou následně zasazena brýlová skla, je frézována pomocí speciální frézy určené k drážkování plastových brýlových obrub.



7-5 Očnice před a po drážkování

- Doladění tvaru – pomocí pilníků různých hrubostí je brýlový střed opracován do finální podoby. Dochází k zaoblení hran a doladění tvaru v oblasti nosníku. Pro kontrolu správně tvarovaného nosníku pasujeme brýlový střed na sádrový odlitek nosu.
- Anatomické prohnutí – pomocí nahříváče obrub se snažíme docílit správného prohnutí brýlového středu a tím správné horizontální inklinace. Úhel ideálního prohnutí by se měl v praxi pohybovat mezi 7-11°.
- Zatavení stěžejek – za použití acetonu vytvoříme z pilin vzniklých při obrábění obruby jakousi acetátovou kaši. Stěžecky pomocí této kaše zalepíme do otvorů vyfrézovaných v brýlovém středu. Po zatuhnutí vznikne jednolitý materiál, čímž je zajištěna fixace stěžejek.
- Připevnění stranic – po zatuhnutí stěžejek jsou k nim šroubky připevněny stranic. Zde je nutné dbát na správný náklon brýlové obruby, tzv. vertikální inklinaci. Tato inklinace výrazně ovlivňuje náklon brýlové čočky tzv. pantoskopický úhel a v praxi by se měla pohybovat kolem 15°. Zároveň kontrolujeme správné rozevření stranic tak, aby nebyly moc sevřené a klienta netlačily na spáncích. Nesmí však být ani moc rozevřené, aby brýle nebyly na spáncích moc volné.
- Povrchová úprava – Celá obruba je poté pilníky a smirkovými papíry různých hrubostí opracována až do mírného lesku. Povrch lze následně zmatnit na kotouči matovacím nebo naopak vyleštit na kotouči leštícím.
- Zábrus skel – posledním krokem výroby jako takové je zábrus brýlových skel do již hotové obruby. Skla zabrušujeme na velikost vnitřního rozměru očníce a se střežovou fazetou, která dosedá do drážky vybroušené v očnicích. Tím je zajištěno usazení brýlových skel v obrubě.



7-6 Procesní mapa výroby

Následuje již pouze samotné předání hotových brýlí klientovi. Při předání se kontroluje posazení brýlí na obličejí a probíhá finální anatomická úprava přímo na klientovi. Kontrolujeme inklinaci stranic a jejich rozevření, které má velký vliv na usazení brýlí na obličejí a komfort při nošení. Další faktor, kterého si na stranicích všímáme, je jejich zahnutí v oblasti za ušními boltci. Koncové části stranic by měli kopírovat tvar boltců a hlavy tak, aby brýle drželi pevně a zároveň nezpůsobovaly otlaky. Je zde také prostor pro drobné finální úpravy v oblasti nosníku.



7-7 Hotová brýlová obruba

8 Diskuze

Cílem práce bylo popsat proces výroby individuální brýlové obruby z acetátu celulózy. Ten začíná již návrhem ideálního tvaru, velikosti a upřesněním všech dalších parametrů, které obruba má, včetně velikosti a tvaru anatomického nosníku. V rámci praktické části této bakalářské práce probíhalo měření anatomických parametrů hlav figurantů a parametrů jejich brýlových obrub. Mezi měřené anatomické parametry patřila šířka hlavy na spáncích a v oblasti vnějších očních koutků, PD a šířka kořene nosu. Mezi parametry obrub pak šířka středového dílu, šířka očnic a vzdálenost středů očnic.

Cílem měření bylo odhalit vztahy mezi jednotlivými parametry a vypočítat mezi nimi matematické poměry tak, aby bylo možné tyto poznatky později použít právě při konstrukci návrhu nové brýlové obruby.

Prvním takovým užitečným poměrem byl poměr mezi šířkou hlavy na spáncích a šířkou brýlového středu. Celkem byly potřebné hodnoty změřeny u 13 figurantů. Pro každého z nich byl mezi těmito hodnotami vypočítán poměr v procentech za použití vzorce (5). Z těchto jednotlivých poměrů byl následně vypočten průměrný poměr těchto parametrů. Následně byla vypočtena směrodatná a průměrná odchylka mezi vypočtenými poměry. Výsledkem bylo zjištění, že průměrná šířka brýlového středu odpovídá 90,52 % z šířky hlavy na spáncích. Směrodatná odchylka vyšla 5,17 % a průměrná odchylka 4,36 %. Po přepočtu na milimetry vyšla průměrná odchylka $\pm 6,2$ mm. Právě o tuto hodnoty by se mohla lišit šířka brýlového středu vypočtená z průměrné hodnoty šířky hlavy na spáncích po dosažení získaného průměrného poměru.

Dalším zkoumaným faktorem byl poměr mezi vzdáleností středů očnic a naměřeným PD klienta. Vztah mezi těmito parametry lze považovat za míru decentrace středů očnic obruby od středů zornic klienta, jejichž vzdálenost byla měřena. Tento vztah byl pozorován a měřen u 34 figurantů. Poměr v procentech byl následně vypočítán podle vzorce (6). Opět byl z jednotlivých poměrů vypočten poměr průměrný a směrodatná a průměrná odchylka. Z výsledků lze usoudit, že průměrná hodnota vzdálenosti středů očnic odpovídá 112,80 % vzdálenosti středů zornic neboli PD. Směrodatná odchylka výsledků vyšla 4,44 % a průměrná odchylka 3,82 %. Po přepočtení na milimetry byla průměrná odchylka 2,71 mm. Právě o tolik se mohla lišit hodnota vzdálenosti středů očnic vypočtená z průměrné hodnoty PD po dosažení průměrného poměru, který byl vypočítán.

Následně byl zkoumán vztah mezi PD figurantů a šířkou očnice brýlí, které figuranti nosí. PD bylo měřeno PD metrem. Za šířku očnice byla považována hodnota, kterou výrobce brýlí u jednotlivých obrub uvedl. Tento vztah byl posuzován u 34 figurantů. Poměr mezi těmito hodnotami byl vypočítán podle vzorce (7). Opět byl vypočítán průměrný poměr těchto hodnot na základě jednotlivých poměrů, směrodatná a průměrná odchylka. V průměru hodnota PD představovala 120,35 % z šířky očnice udávané výrobcem. Směrodatná odchylka výsledků byla 5,39 % a průměrná odchylka 4,17 %. Po přepočtení byla odchylka výsledků 2,2 mm. O tuto hodnotu se mohla lišit šířka očnice vypočítaná z průměrné hodnoty PD po dosažení vypočteného průměrného poměru.

Všechny tyto poměry mezi anatomickými a brýlovými parametry byly posuzovány u brýlí s hranatými očnicemi. Pokud bychom porovnávali i brýle kulaté, došli bychom k větším odchylkám měření. Obecně u nich totiž platí jiný poměr mezi šířkou očnic a šířkou nosníku. Očnice kulatých brýlí bývají zpravidla užší. V praxi však platí, že menší očnice jsou vhodnější pro zábrus brýlových skel o vysoké optické mohutnosti. U vysokých plusových dioptrií je vhodné zvolit menší průměr skla, protože se tím zmenší i jeho středová tloušťka. U minusových dioptrií se naopak redukuje tloušťka okrajová.

Dalším faktorem sledovaným na figurantech byl průměrný úhel rozevření straníc α . Úhlem rozevření byla myšlena odchylka od pravého úhlu svíraného brýlovým středem a stranicí vyjádřená ve stupních. Tento parametr je čistě individuální. K výpočtu tohoto úhlu bylo potřeba zjistit šířku hlavy na spáncích, šířku brýlového středu a vzdálenost, kde stranice dosahuje k uchu figuranta. Úhel α byl vypočítán podle vzorce (8). Výsledkem byl průměrný úhel rozevření 4,03°. Směrodatná odchylka vyšla 2,295° a průměrná odchylka 1,95°.

Posledním čistě anatomickým sledovaným parametrem byl úhel nosního kořene figurantů. Tento parametr také vyjadřuje, jaký úhel, by měly ideálně svírat plochy anatomického nosníku obruby. Z naměřených hodnot byly vypočítány jednotlivé úhly β za použití vzorce (9). Z těch byl následně vypočítán úhel průměrný. Opět byla vypočtena směrodatná a průměrná odchylka. Výsledkem byl průměrný úhel sklonu kořene nosu β 22,59°. Směrodatná odchylka vyšla 10,44° a průměrná odchylka 9,26°.

Následně byl v práci popsán proces výroby individuální brýlové obruby. Tento proces začíná první schůzkou s klientem a končí předáním již hotových brýlí.

9 Závěr

Brýle jsou nejrozšířenějším způsobem korekce očních vad. Brýlové obruby jsou velkými optickými manufakturami vyráběny v mnoha tisícových sériích. Jejich výrobci se předhánějí v tom, kdo trhu nabídne větší množství modelů. Při návrhu tvarů, velikostí a jiných parametrů vycházejí výrobci ze statistických měření anatomických proporcí vzorku z populace. Výsledkem je pak konstrukce obrub založená na průměrných hodnotách anatomických parametrů. Zákonitě se však musí objevit někdo, komu takové konfekční brýle nevyhovují a svými anatomickými proporcemi vybočuje z řady průměrných zákazníků. Typickým problémem při výběru brýlové obruby je velká šířka hlavy zákazníka v kombinaci s malým PD. Cílem práce proto bylo odhalit poměry a vztahy mezi anatomickými proporcemi hlavy a parametry brýlové obruby. Na základě naměřených hodnot byly tyto poměry vypočteny a interpretovány s vypočtenými odchylkami výsledků. Dosažené poznatky lze následně využít ke zrychlení výběru správné velikosti brýlové obruby a také při návrhu nové individuální obruby pro konkrétního zákazníka. Individuálním přístupem lze totiž dosáhnout spokojenosti každého, kdo má s výběrem správných brýlí problém.

10 Citovaná literatura

1. **Dylevský, Ivan.** *Základy funkční anatomie člověka.* Praha : MANUS, 2007. 978-80-86571-00-3.
2. **Čihák, Radomír.** *Anatomie 1. třetí, upravené vydání.* Praha : Grada Publishing, 2011. 978-80-247-3817-8.
3. **Biologie Lebka. Nabla.** [Online] [Citace: 2. leden 2021.] <http://www.nabla.cz/obsah/biologie/kapitoly/biologie-cloveka/lebka-kostra-hlavy.php>.
4. **Elišková, Miloslava a Naňka, Ondřej.** *Přehled anatomie.* Praha : Karolinum, 2009. 978-80-7262-612-0.
5. **Jana, Vasković.** Kenhub. *kenhub.com.* [Online] 29. 10 2020. [Citace: 2. 1 2021.] <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/the-parietal-bone>.
6. **Kuchyňka, Pavel.** *Oční lékařství 2, přepracované a doplněné vydání.* Praha : Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
7. **Čihák, Radomír.** *Anatomie 3.* Praha : Grada, 2016. 978-80-247-5636-3.
8. **Kondrádová, Václava, Uhlík, Jiří a Vajner, Luděk.** *Funkční histologie.* Jinočany : H&H, 2000. 80-86022-80-3.
9. **Šajdíková, Martina, Maďa, Patrik a Fontana, Josef.** *Funkce buněk a lidského těla - multimediální skripta.* *fbt.cz.* [Online] [Citace: 4. 1 2021.] <http://fbt.cz/skripta/xiii-smysly/1-zrakovy-system/>.
10. **Navrátil, Leoš a Rosina, Josef.** *Medicínská biofyzika.* Praha : Grada, 2005. 80-247-1152.
11. **Rutrlé, Miloš.** *Brylová technika, estetika a přizpůsobování brýlí: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometry a oftalmology.* Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. 80-7013-347-3.
12. **Rosenthal, J. William.** *Spectacles and other vision aids: A history and guide to collecting.* San Francisco : Norman Publishing, 1996. 9780930405717.
13. **All About EYES.** *allabouteyes.com.* [Online] [Citace: 20. 10 2020.] <https://allabouteyes.com/see-past-fascinating-history-eyeglasses/>.

14. ZEISS Czech republic. *zeiss.cz*. [Online] 22. 11 2017. [Citace: 20. 10 2020.] <https://www.zeiss.cz/vision-care/lepsi-videni/pochopeni-zraku/historie-bryli.html>.
15. Vehi Mercatus. *vehi-mercatus.de*. [Online] [Citace: 20. 10 2020.] <https://vehi-mercatus.de/Late-medieval-spectacles-15th-century-replica>.
16. Pinterest. *cz.pinterest.com*. [Online] [Citace: 20. 10 2020.] <https://cz.pinterest.com/pin/157274211958269471/>.
17. moje brýle. *mojebryle.cz*. [Online] 17. 6 2014. [Citace: 20. 10 2020.] <http://www.mojebryle.cz/zprava/13-historie-a-vznik-brylovych-obrub>.
18. Radio Proglas. *junior.proglas.cz*. [Online] [Citace: 21. 10 2020.] <https://junior.proglas.cz/lornon/lornon-zahadne-zmizeni-peprmintove-zvykacky/>.
19. Pinterest. *cz.pinterest.com*. [Online] [Citace: 20. 10 2020.] <https://cz.pinterest.com/pin/311452130471754941/>.
20. eyeglasses.com. *eyeglasses.com*. [Online] [Citace: 21. 10 2020.] <https://www.eyeglasses.com/eyeglasses/chakra-eyewear-pince-nez-82006.html>.
21. Gilai collectibles. *gilai.com*. [Online] [Citace: 21. 10 2020.] https://www.gilai.com/product_1219/Monocle-Glass-and-Brass-with-Gold-Chain.
22. moderní optika. *modernioptika.eu*. [Online] 14. 4 2019. [Citace: 25. 10 2020.] <https://www.modernioptika.cz/dioptricke-bryle/brylove-obroucky/brylove-obruby-podle-materialu/>.
23. Lentiamo. *lentiamo.cz*. [Online] [Citace: 25. 10 2020.] <https://www.lentiamo.cz/david-beckham-db-7014-kj1-21-51.html>.
24. prooptik. *prooptik.cz*. [Online] [Citace: 26. 10 2020.] <https://www.prooptik.cz/brylova-skla/>.
25. optik Skrbková. *optikskrbkova.cz*. [Online] [Citace: 26. 10 2020.] <https://www.optikskrbkova.cz/uzitecne-informace/rady-tipy-zajimavosti/bryle-pro-sportovce-sportovni-bryle>.
26. bryle.cz. *bryle.cz*. [Online] [Citace: 26. 10 2020.] <https://www.bryle.cz/sportovni-bryle/sportovni-dioptricke-bryle.html>.
27. AOPTIKA. *aoptika.cz*. [Online] [Citace: 26. 10 2020.] <https://www.aoptika-eshop.cz/dioptricke-bryle/solano-90086c-dark-blue-grey-grey-polarized-blue-mirror/>.

28. OPTI24. *opti24.cz*. [Online] [Citace: 27. 10 2020.] <https://www.opti24.cz/bryle-nador-cerna?optval=78&optval2=123&optval3=141>.
29. AOPTIKA. *aoptika.cz*. [Online] [Citace: 27. 10 2020.] <https://www.aoptika-eshop.cz/plavecke/plavecke-bryle-pro-instalaci-dioptrii-modre/>.
30. AOPTIKA. *aoptika.cz*. [Online] [Citace: 27. 10 2020.] <https://www.aoptika-eshop.cz/pracovni-bryle/b-s-961601-kovove-ochranne-bryle-gunmetal/>.
31. usefull workshop. *usefullworkshop.com*. [Online] [Citace: 10. 11 2020.] <https://usefulworkshop.com/Leather-Spectacles>.
32. **Najman, Ladislav**. *Dílenská praxe očního optika*. Brno : Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2010. 978-80-7013-529-7.
33. bekwood. *bekwood.com*. [Online] [Citace: 6. 11 2020.] <http://bekwood.com/testroom/produkt/ricchie-dioptricka-orech/>.
34. framesdirect. *framesdirect.com*. [Online] [Citace: 7. 11 2020.] <https://www.framesdirect.com/knowledge-center/complete-guide-tortoise-shell-glasses>.
35. 4oci. *4oci.cz*. [Online] [Citace: 26. 12 2020.] https://www.4oci.cz/odlisnosti-v-postupu-vsazovani-cocek-do-obrub-z-ruznych-materialu_4c85.
36. The college of optometrists. *college-optometrists.org*. [Online] [Citace: 10. 11 2020.] <https://www.college-optometrists.org/the-college/museum/online-exhibitions/virtual-spectacles-gallery/eskimo-goggles-the-first-eyewear-.html>.
37. dazeen. *dazeen.com*. [Online] [Citace: 28. 10 2020.] <https://www.dezeen.com/2016/12/23/four-centuries-eyewear-design-overview-exhibition-design-museum-holon-israel/>.
38. **Jursík, František**. *Anorganická chemie kovů*. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2002. 80-7080-504-8.
39. Boise vision care. *boisevisioncare.com*. [Online] [Citace: 26. 12 2020.] <https://www.boisevisioncare.com/resource/lenses-frames/eyeglass-frame-materials/>.
40. The Old Glasses Shop. *theoldglassesshop.co.uk*. [Online] [Citace: 12. 11 2020.] <https://www.theoldglassesshop.co.uk/aluminium-original-vintage-panto-shaped-retro-eyewear-al02/>.

41. **Greenwood, N.N. a Earnshaw, A.** *Chemie prvků*. Praha : Informatorium, 1993. 80-85427-38-9.
42. prvky.cz. *prvky.cz*. [Online] [Citace: 25. 12 2020.] <http://www.prvky.com/28.html>.
43. Pinterest. *cz.pinterest.com*. [Online] [Citace: 14. 12 2020.] <https://cz.pinterest.com/pin/194569646388192107/>.
44. prvky.cz. *prvky.cz*. [Online] [Citace: 25. 12 2020.] <http://www.prvky.com/22.html>.
45. Eschenbach. *eschenbach-eyewear.com*. [Online] [Citace: 25. 12 2020.] <https://www.eschenbach-eyewear.com/en/product/titanflex-820825.html>.
46. **Vojtěch, Dalibor.** *Kovové materiály*. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2006. 80-7080-600-1.
47. Veneti. *veneti.cz*. [Online] [Citace: 25. 12 2020.] <https://www.veneti.cz/ocel>.
48. Lentiamo. *lentiamo.cz*. [Online] [Citace: 15. 11 2020.] <https://www.lentiamo.cz/hugo-boss-1007-fll-19-52.html>.
49. Vintage frames company. *vintageframescompany.com*. [Online] [Citace: 25. 12 2020.] <https://www.vintageframescompany.com/products/vf-ceo-masterpiece-24kt-gold-clear-flash-gold#>.
50. **Prokopová, Irena.** *Makromolekulární chemie*. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2007. 978-80-7080-662-3.
51. publi.cz. *publi.cz*. [Online] [Citace: 25. 12 2020.] <https://publi.cz/books/180/04.html>.
52. **Balík, J. a Bobek, J.** *Technický sborník oční optiky*. Praha : Oční optika, 1975.
53. wikimedia commons. *commons.wikimedia.org*. [Online] [Citace: 28. 12 2020.] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cellulose_nitrate.svg.
54. Thpanorama. *cs.thpanorama.com*. [Online] [Citace: 27. 12 2020.] <https://cs.thpanorama.com/articles/qumica/acetato-de-celulosa-estructura-qumica-propiedades-y-usos.html>.
55. Eyewear Intelligence. *ewintelligence.com*. [Online] [Citace: 29. 12 2020.] <https://www.ewintelligence.com/okia-insists-that-its-hd-acetate-technology-is-patented/27798.article>.

56. Rodenstock. *rodenstock.eu*. [Online] [Citace: 27. 12 2020.]
57. Strojirenství - vše k maturitě. *strojirenstvi*. [Online] [Citace: 30. 12 2020.] <http://strojirenstvi-stredni-skola.blogspot.com/2011/04/32213-termoplasty.html>.
58. wisegeek. *wisegeek.com*. [Online] [Citace: 5. 1 2021.] <https://www.wisegeek.com/what-is-cellulose-acetate-butyrate.htm#did-you-know>.
59. KOPLAST. *koplast.cz*. [Online] <https://www.koplast.cz/pmma-plexisklo/>.
60. GLAMI. *glami.cz*. [Online] [Citace: 27. 12 2020.] <https://www.glami.cz/b-d/b-d-skladaci-bryle-icon-readers-matt-crystal-1-50-40297724/>.
61. Evonik. *trogamid.com*. [Online] [Citace: 28. 12 2020.] <https://www.trogamid.com/en/products-services/trogamid-cx>.
62. indiamart. *indiamart.com*. [Online] [Citace: 26. 11 2020.] <https://www.indiamart.com/proddetail/safety-glasses-with-side-shields-3053419248.html>.
63. VINK. *vink.cz*. [Online] [Citace: 28. 12 2020.] <http://www.vink.cz/polyeterimid>.
64. iBrýle. *ibryle.cz*. [Online] <https://www.ibryle.cz/zbozi/16784/Dioptricke-bryle/ESPRIT-17464-545.html>.
65. brickipedia. *brickipedia.fandom.com*. [Online] [Citace: 28. 12 2020.] https://brickipedia.fandom.com/wiki/Acrylonitrile_Butadiene_Styrene.
66. tiefziehen. *tiefziehen.com*. [Online] [Citace: 27. 12 2020.] <http://tiefziehen.com/cz/PC/>.
67. resinex. *resinex.cz*. [Online] [Citace: 28. 12 2020.] <https://www.resinex.cz/polymerove-typy/pc.html>.
68. AOPTIKA. *aoptika.cz*. [Online] [Citace: 25. 11 2020.] <https://www.aoptika-eshop.cz/pracovni-bryle/b-s-962101-polykarbonatove-ochranné-bryle-sede/>.
69. is.muni. *is.muni.cz*. [Online] [Citace: 17. 12 2020.] https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js12/vyroba_cocek/web/pages/01-2-07_trivex.html.
70. Omnexus. *omnexus.specialchem.com*. [Online] [Citace: 29. 12 2020.] <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/silicone-rubber-elastomer>.
71. DUPPONT. *dupont.com*. [Online] [Citace: 28. 12 2020.] <https://www.dupont.com/products/hytrel.html>.

72. Spy. *Spyoptic.com*. [Online] [Citace: 29. 12 2020.] <http://blog-spyoptic.com/2018/12/07/spy-safety-glasses-collection-spy-optic/>.
73. GDP KORAL composites. *gdpkoral.cz*. [Online] [Citace: 3. 1 2021.] <https://www.gdkoral.cz/co-jsou-kompozitni-materialy/w6>.
74. **Vrbka, Jan.** *Mechanika kompozitů*. Brno : Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně, 2008.
75. Moto Forza. *motoforza.cz*. [Online] [Citace: 3. 1 2021.] <https://www.motoforza.cz/blog/co-vam-prinasime/materialy-karbon>.
76. Kordcarbon. *kordcarbon.cz*. [Online] [Citace: 3. 1 2021.] http://www.kordcarbon.cz/uhlikove_vlakno.
77. Moto Forza. *motoforza.cz*. [Online] [Citace: 3. 1 2021.] <https://www.motoforza.cz/blog/co-vam-prinasime/materialy-kevlar-karbon-kevlar>.
78. SÚKL Státní ústav pro kontrolu léčiv. *sukl.cz*. [Online] [Citace: 5. 1 2021.] <https://www.sukl.cz/sukl/legislativa-ceske-republiky-2>.
79. ZÁKONY Pro lidi. *zakonyprolidi.cz*. [Online] [Citace: 5. 1 2021.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-268>.
80. tzbinfo. *tzbinfo.cz*. [Online] [Citace: 5. 1 2021.] <https://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/narizeni-c-54-2015-sb-o-technicky-pozadavcich-na-zdravotnicke-prostredky>.
81. is.muni. *is.muni.cz*. [Online] [Citace: 5. 1 2021.] <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/ps10/optika/web/pages/05-prijem.html>.
82. ZÁKONY Pro lidi. *zakonyprolidi.cz*. [Online] [Citace: 5. 1 2021.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1991-455#cast2>.
83. Mazzucchelli1849. *mazzucchelli1849.it*. [Online] [Citace: 22. 4 2021.] <https://www.mazzucchelli1849.it/blogs/archived/earth-beat>.

11 Seznam symbolů a zkratek

Seznam symbolů a zkratek

Zkratka	Význam
D	Dioptrie
n	Index lomu
Sb.	Sbírký
mm	Milimetr
PD	Pupilární distance

12 Seznam obrázků

2-1 LEBKA (3)	8
3-1 ČTECÍ KÁMEN (14)	18
3-2 NÝTOVANÉ BRÝLE (15)	18
3-3 STUŽKOVÉ BRÝLE (16).....	19
3-4 NŮŽKOVÉ BRÝLE (17).....	19
3-5 LORŇON (18)	20
3-6 PRVNÍ BRÝLE SE STRANICEMI (14).....	20
3-7 WINDSORKY (19)	21
3-8 SKŘIPEC (20)	21
3-9 MONOKL (21)	21
4-1 OBRUBA S OČNICEMI (22)	24
4-2 POLOOBRUBA (23)	24
4-3 OBRUBA BEZ OČNIC (24)	25
4-4 VSADKOVÉ BRÝLE (26).....	26
4-5 PŘEDSÁDKOVÉ BRÝLE (27).....	26
4-6 DIOPTRICKÉ SLUNEČNÍ BRÝLE (28)	27
4-7 DIOPTRICKÉ PLAVECKÉ BRÝLE (29).....	27
4-8 OCHRANNÉ BRÝLE (30).....	28
5-1BRÝLE Z KŮŽE (31)	29
5-2 DŘEVĚNÉ BRÝLE (33)	30
5-3 BRÝLE Z IMITACE ŽELVOVINY (34)	31
5-4 KOSTĚNÉ INUITSKÉ BRÝLE (37).....	32
5-5 HLINÍKOVÉ BRÝLE (40)	33
5-6 NIKLOVÉ BRÝLE (43)	35
5-7 TITANOVÁ OBRUBA (45).....	37
5-8 OCELOVÁ OBRUBA (48).....	38
5-9 ZLATÉ BRÝLE (49).....	39
5-10 NITRÁT CELULÓZY (53)	41
5-11 DIACETÁT CELULÓZY (54)	42
5-12 BRÝLE Z ACETÁTU CELULÓZY (56)	43
5-13 BRÝLE Z PMMA (60).....	45
5-14 OCHRANNÉ BRÝLE Z NYLONU (62)	46
5-15 BRÝLE Z ULTEMU (64).....	47
5-16 OCHRANNÉ BRÝLE Z POLYKARBONÁTU (68)	49
7-1 TECHNICKÝ VÝKRES OBRUBY	70
7-2 PRODUKTOVÝ KATALOG FIRMY MAZZUCHELLI (83)	71

7-3 VYFRÉZOVANÝ ZÁKLADNÍ TVAR OBRUBY	72
7-4 OČNICE PŘED A PO DRÁŽKOVÁNÍ.....	72
7-5 PROCESNÍ MAPA VÝROBY	73
7-6 HOTOVÁ BRÝLOVÁ OBRUBA.....	74

12.1 Seznam tabulek

TABULKA 1 NAMĚŘENÉ HODNOTY ŠÍŘKY HLAVY NA SPÁNCÍCH, ŠÍŘKY HLAVY U VNĚJŠÍCH KOUTKŮ A POMĚR VYPOČTENÝ Z TĚCHTO HODNOT.....	58
TABULKA 2 NAMĚŘENÉ HODNOTY ŠÍŘKY HLAVY NA SPÁNCÍCH, CELKOVÉ ŠÍŘKY BRÝLOVÉHO STŘEDU A POMĚRY VYPOČTENÉ Z TĚCHTO HODNOT.....	60
TABULKA 3 NAMĚŘENÉ HODNOTY VZDÁLENOSTÍ STŘEDŮ OČNIC, PD A POMĚRY VYPOČTENÉ Z TĚCHTO HODNOT.....	61
TABULKA 4 NAMĚŘENÉ HODNOTY PD, ŠÍŘKY OČNICE A POMĚRY VYPOČTENÉ Z TĚCHTO HODNOT.....	63
TABULKA 5 NAMĚŘENÉ HODNOTY ŠÍŘKY HLAVY NA SPÁNCÍCH, CELKOVÉ ŠÍŘKY OBRUBY, VZDÁLENOSTI OD OBRUBY K UCHU A ÚHLY ROZEVRĚNÍ STRANIC VYPOČÍTANÉ Z TĚCHTO HODNOT	65
TABULKA 6 NAMĚŘENÉ HODNOTY ŠÍŘKY KOŘENE NOSU A Z NICH VYPOČTENÉ ÚHLY SKLONU NOSNÍHO KOŘENE	66
TABULKA 7 NAMĚŘENÉ ANATOMICKÉ PARAMETRY KONKRÉTNÍHO KLIENTA.....	68