



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů

Opakovatelnost automatických optických brusů

Repeatability of automatic lens edge machines

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika
Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Barbora Tomší
Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jakub Král

Název bakalářské práce: Opakovatelnost automatických optických brusů

Abstrakt:

Cílem Bakalářské práce je zjistit opakovatelnost automatických optických brusů. Práce se skládá z kapitol popisující parametry brýlových čoček, jejich typy a materiály pro výrobu korekčních pomůcek. Nedílnou součástí projektu je popis centrovacích přístrojů, optických brusů a jejich příslušenství.

Klíčová slova:

Brýlové čočky, centrovací přístroje, automatické optické brusy

Bachelor's Thesis title: Repeatability of automatic lens edge machines

Abstract:

The goal of the Bachelor's thesis is find out repeatability of automatic lens edge machines. The chapters of this work are describing parameters of glass lenses, their types and materials used for correctional tools. Integral part of this project is a description of centric machines, devices, optical abrasives and equipment.

Key words:

Glass lenses, centric machines, automatic lens edge machines

PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří panu Mgr. Jakubu Královi za jeho odborné vedení a cenné rady při zpracování Bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala slečně Bc. Barboře Křapkové za umožnění provedení praktické části v oční optice Brýle&Brejle.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Opakovatelnost automatických optických brusů*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

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).

V Kladně dne

.....

podpis

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Historie brýlových obrub a brýlových čoček.....	9
3	Technické parametry brýlových čoček.....	12
3.1	Index lomu	12
3.1.1	Absolutní index lomu	12
3.1.2	Relativní index lomu.....	12
3.2	Propustnost.....	13
3.3	Hustota.....	13
3.4	Absorpce	13
4	Materiály pro výrobu brýlových čoček	14
4.1	Minerální brýlové čočky	14
4.2	Plastové brýlové čočky.....	14
4.2.1	Pryskyřice CR 39.....	15
4.2.2	Polykarbonát (PC)	15
4.2.3	Polymethylmetakrylát (PMMA).....	15
4.2.4	Trivex.....	16
5	Dělení brýlových čoček podle optického účinku	17
5.1	Monofokální brýlové čočky	17
5.1.1	Sférické brýlové čočky	17
5.1.2	Tórické brýlové čočky	17
5.1.3	Asférické brýlové čočky	17
5.1.4	Prizmatické brýlové čočky	18
5.2	Bifokální brýlové čočky	18
5.3	Trifokální brýlové čočky	18
5.4	Multifokální (progresivní) brýlové čočky	19
5.4.1	Degresivní brýlové čočky	19
6	Měření brýlových čoček	20
6.1	Fokometr.....	20
6.1.1	Klasický fokometr s okulárem.....	20

6.1.2	Projekční fokometr	20
6.1.3	Automatický digitální fokometr	21
7	Automatické brusy	23
7.1	Typy automatických brusů	23
7.1.1	Šablonové brusy.....	23
7.1.2	Bezšablonové brusy	24
8	Zábrus brýlových čoček	25
8.1	Fazety.....	25
8.1.1	Střešková fazeta	25
8.1.2	Řízená fazeta.....	26
8.1.3	Plochá fazeta	26
8.1.4	Krycí fazeta	27
8.2	Brusné kotouče.....	27
8.2.1	Diamantové kotouče	28
8.2.2	Keramické kotouče	28
9	Výrobci brousících automatů.....	29
9.1	Essilor.....	29
9.2	Briot	29
9.3	Topcon	30
9.4	Huvitz.....	31
9.5	Tacubomatic.....	31
10	Praktická část.....	32
10.1	Metodika výzkumu	32
10.2	Výsledky	32
10.3	Topcon	33
10.3.1	Výsledky měření.....	35
10.4	Delta.....	36
10.4.1	Výsledky měření.....	37
10.5	Huvitz	38
10.5.1	Výsledky měření.....	39
10.6	Mr.Orange.....	40
10.6.1	Výsledky měření.....	41
11	Diskuze.....	43

12	Závěr	44
13	Seznam obrázků	45
14	Seznam tabulek	46
15	Seznam grafů	47
16	Seznam použité literatury	48

1 Úvod

Zrak je pro člověka jedním z nejdůležitějších smyslů. Již od pradávných dob si toho byli lidé vědomi, a proto zkoušeli své vidění zlepšovat různými pomůckami jako byly čtecí kameny, skla broušená z křišťálů, monokuláry až po současné optické pomůcky.

V dnešní době jsou na každého člověka kladeny veliké nároky, a to nejenom ve školách nebo zaměstnání, ale i ve volnočasových aktivitách nebo řízení motorových vozidel. Je kladen veliký důraz na vidění, ale i na kvalitu brýlových čoček, na materiály, ze kterých jsou brýlové čočky a brýlové obruby vyrobeny.

Důsledkem takových to nároků se změnila i výroba brýlových čoček, jejich opracování a následné usazování do brýlových obrub. Cílem této práce bude snaha vytvořit přehled brýlových čoček z hlediska materiálů ze kterých jsou vyrobeny, jejich povrchových úprav, využití při korekci refrakčních vad a zábrusu.

2 Historie brýlových obrub a brýlových čoček

První historická zmínka o použití primitivní korekční pomůcky byla zaznamenána u římského spisovatele Seneci ve 4. roce před naším letopočtem. Právě Seneca popsal zvětšení pomocí skleněné kuličky naplněné vodou, kde se domníval, že za účinkem zvětšení stojí voda. Za dalšího objevitele se považuje římský císař Nero, který sledoval zápas gladiátorů pomocí smaragdu, jehož zelená barva filtrovala paprsky slunečního záření a tím mu poskytovala ochranu jeho zraku.

Arabský učenec Alhazen (965-1038), autor knihy "poklad optiky" popisoval zvětšující účinky plankonvexních čoček. Jeho studie byla rozšířena ve 13. století, ve kterém byla přeložena do latinského jazyka a uváděla poznatky o "čtecích kamanech". Tyto kameny si dnes představíme pod pojmem lupa, která je pokládána za první zvětšovací pomůcku.

Knih "Opus majus" potvrzující vznik brýlí byla napsána ve druhé polovině 13. století anglickým františkánským mnichem Rogerem Baconem, který se rovněž zabýval optikou a s velkou pravděpodobností vycházel z poznatků Alhazena.



Obrázek 1 Čtecí kámen

Právě doba 13. století je považována za dobu vzniku prvních brýlí, které se vyráběly v Itálii. Konstrukce obrub byla vyráběna ze železa, stříbra či zlata, zejména však z rohoviny nebo kostí, kulové segmenty sloužící jako plankonvexní či plankonkávni čočky byly z broušeného skla nebo křišťálu. Takové to brýle prakticky nemohly sedět na nose, přidržovaly se proto držátkem, uprostřed byly spojené. Za prvního výrobce "brýlí" se dá považovat Alessandro della Spina.

Brýle, jak je známe dnes se začaly objevovat mezi 16.-17. století v Číně a Japonsku, v této době se zabývali hlavně otázkou, jak udržet brýle na nose, začaly se vyrábět obruby se straničkami nebo spíše s upevňovacími tkaničkami. Od 17. století se zakládaly brýlařské manufaktury v německém Norimberku, které se proslavily výrobou z válcovitého a profilovaného drátu.

V roce 1730 vynalez anglický optik Edward Scarllet brýle se stanicemi, které se upínaly za uši. Brýle již disponovaly stěžejkou. James Ayscough v roce 1752 Scarlletovy brýle ještě vylepšil, straničky navrhl skládací a tento systém se používá dodnes. Ayscough také začal nahrazovat čiré čočky zelenými nebo modrými skly, jelikož si všiml, že procházejí bílé světlo přes čiré čočky způsobuje problémy.



Obrázek 2 Historické brýle

S vynálezem prvních bifokálních čoček přišel Benjamin Franklin, a to v roce 1780, první astigmatické brýle v roce 1825 vynalezl Angličan George Airy, o rok později John Hawkins vynalezl čočky trifokální. (1) (7) (26) (30)

3 Technické parametry brýlových čoček

Brýlové čočky jsou základem každých brýlí, které slouží jako korekční pomůcka. Pomocí brýlových čoček korigujeme refrakční vady oka (myopii, hypermetropii, astigmatismus, presbyopii). Mezi základní technické parametry každé brýlové čočky patří index lomu, Abbeovo číslo a hustota.

3.1 Index lomu

Bezrozměrná fyzikální veličina, která popisuje šíření světla. Udává poměr rychlosti světla ve vakuu k rychlosti světla v daném prostředí. Rychlost šíření světla je závislé na vlnové délce, čím je vlnová délka delší, tím je rychlost šíření větší. Index lomu je základní veličinou u všech brýlových čoček. Čím indexu lomu roste, tím klesá rozdíl mezi zakřivením přední a zadní plochy brýlové čočky, brýlová čočka je tenčí a plošší, ale relativně se zvýší její hmotnost. Rozeznáváme dva indexy lomu – absolutní a relativní. (2) (20)

3.1.1 Absolutní index lomu

Poměr N_λ rychlosti světla c [m/s] ve vakuu k rychlosti světla v_λ o určité vlnové délce λ [m] v daném prostředí. (20)

$$N_\lambda = \frac{c}{v_\lambda}$$

3.1.2 Relativní index lomu

Poměr absolutních indexů lomů dvou prostředí, rychlost světla ve vzduchu k rychlosti světla v daném prostředí se nazývá relativní index lomu. Tento index lomu je pro praxi významnější, jelikož právě jeho hodnoty jsou uváděny v katalogích výrobců brýlových čoček.

$$N_{\lambda} = n_{\lambda} * N_{o\lambda}$$

Číslo udávající disperzní mohutnost průhledného prostředí v oblasti viditelného světla se nazývá Abbeovo číslo. Čím je hodnota Abbeovo čísla vyšší, tím má materiál menší disperzi. Vyšší disperze u optického skla způsobuje zhoršení kvality zobrazení. Při disperzi dochází k rozkladu bílého světla na jednotlivé barvy. (2)

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

3.2 Propustnost

Propustnost neboli transmise udává, kolik množství světla prochází materiálem. Toto množství je vyjádřeno v procentech.

3.3 Hustota

Veličina, která udává hmotnost optického materiálu. Hmotnost brýlové čočky by měla být co nejmenší pro pohodlné nošení brýlí. Jednotka hustoty je gram na jeden centimetr krychlový. (2)

3.4 Absorpce

Absorpce je schopnost materiálu pohlcovat dopadající paprsky. Stupeň absorpce je závislý na zbarvení, čistotě a chemickém složení daného materiálu.

4 Materiály pro výrobu brýlových čoček

V kapitole budou popsány nejčastější materiály, které se používají pro výrobu brýlových čoček, jejich chemické složení, zobrazovací vlastnosti a praktické využití.

4.1 Minerální brýlové čočky

Výroba optického skla se velmi rozvinula v Německu na přelomu 19. a 20. století, hlavními aktéry byli v té době O.Shott, E.Abbe a C.Zeiss. V současné době výroba a použití minerálních čoček upadá, jejich roli nahradily čočky plastové. Sklo je materiál, který se získává ze sklářského kmene, který se taví při teplotě 1500°C. Index lomu běžného korunového skla je 1,523. Běžně se sklo vyskytuje v pevném skupenství, je to materiál tvrdý, a naopak velmi křehký, a proto hlavně při prudkých teplotních změnách často praská.

Sklo je tvořeno ze sklotvorných oxidů jako je oxid křemičitý, oxid boritý a oxid fosforečný. Další složkou jsou tavidla, mezi které patří uhličitan sodný a uhličitan draselný. Tyto tavidla snižují vysokou a energeticky náročnou teplotu tavení oxidu křemičitého. Důležitou roli mají stabilizátory (oxid vápenatý s oxid olovnatý), které zvyšují chemickou stálost, pevnost a tvrdost skla. Oxid hlinitý, oxid zinečnatý a oxid manganatý zajišťují zpevnění skla, za zvýšením indexu lomu stojí oxid barnatý a oxid olovnatý. Běžné korunové sklo má index lomu 1,523, minerální vysokoindexové čočky se vyrábějí v indexu až 1,9. Brýlové čočky s vysokým indexem lomu se začaly vyvíjet v roce 1975, první materiály byly s indexem lomu 1,7. Teprve v devadesátých letech 20.století je objevily materiály s indexem lomu 1,8 a 1,9. (3)

4.2 Plastové brýlové čočky

Brýlové čočky z organických materiálů jsou v dnešní době nejvíce rozšířené. S jejich výrobou se začalo již v 40. letech 20.století, kdy se materiál zvaný allyldiglykolcarbonát používal pro vojenské účely. V roce 1955 byl poprvé využit pro výrobu brýlových čoček firmou Lentilles Optalmiques Spectacles. (1)

4.2.1 Pryskyřice CR 39

Columbia Resin 39 je materiál ze speciální čiré pryskyřičné plastické hmoty. Přesto že byl tento materiál v roce 1939 vyvinut v USA pro zcela jiné účely než pro brýlové čočky, jeho příznivé optické a mechanické vlastnosti ho předurčily k využití v oboru optiky. Index lomu 1,5, Abbeovo číslo 58, hustota 1,329 g/cm³.

CR 39 je velmi pružný materiál, odolává alkoholu i acetonu, doporučuje se na něm provádět tvrzení pro větší odolnost hlavně u vyšších indexů lomu.

Mezi základní suroviny, ze kterých je materiál vyráběn patří fosgen, což je dichlorid kyseliny uhličité, dále pak allylalkohol a etylenglykol. (4)

4.2.2 Polykarbonát (PC)

Polykarbonát jen termoplastická hmota, která byla vyrobena v roce 1955. Je tvořen atomy uhlíku, metylovými radikály a zbytky fenolu. Index lomu 1,59, Abbeovo číslo 30 a hustota 1,20 g/cm³. Materiál je sice měkčí, i přes vytvrzení se dá v porovnáním s CR39 snadněji poškrábat, ale je odolnější vůči nárazu a UV záření. Je chemicky méně odolný proto se nedoporučuje používat acetony a další rozpouštědla. Tento materiál se používá zejména u sportovních a dětských brýlových čoček. (3)

4.2.3 Polymetylmetakrylát (PMMA)

Materiál též zvaný plexisklo byl poprvé vyroben ve 20.letech minulého století v Německu. Využití v té době našel hlavně ve vojenském průmyslu. Polymetylmetakrylát vzniká polymerizací, podobně jako CR39. Index lomu 1,49, hustota 1,17 až 1,20 g/cm³. Je průhledný a snadno opracovatelný, nemá ale tak dobře vlastnosti jako předchozí materiály, proto se z něj již brýlové čočky nevyrábějí. (3) (11)

4.2.4 Trivex

Stejně jako PMMA byl materiál Trivex vyvinut pro vojenské účely. Je to polyuretanový polymer, který se vyrábí litím. Trivex má výborné optické vlastnosti, je velice odolný proti nárazu a různým chemikáliím. Je velice lehký a zachytává 99 % UV záření. Díky své lehkosti a odolnosti se doporučuje sportovcům a dětem. Index lomu je 1,53, Abbeovo číslo 45 a hustota $1,1 \text{ g/cm}^3$. (3) (5)

5 Dělení brýlových čoček podle optického účinku

Brýlové čočky se využívají ke korekci refrakčních vad lidského oka.

Základní veličina, podle které se brýlové čočky rozdělují je vrcholová lámavost. Jednotkou této lámavosti je dioptrie (D) s ohledem na znaménko. Podle optických účinků rozdělujeme na monofokální (unifokální), bifokální, trifokální a multifokální (progresivní).

5.1 Monofokální brýlové čočky

Do skupiny monofokálních brýlových čoček řadíme čočky sférické, tórické a asférické. Tyto brýlové čočky se liší konstrukcí lámavých ploch.

5.1.1 Sférické brýlové čočky

Sférické čočky patří mezi nejčastěji využívané brýlové čočky. Jsou tvořeny ze dvou opticky účinných kulových ploch a z konstantních poloměrů. Přední i zadní plochu mají sférickou, okrajová tloušťka je po celém obvodu stejná. Sférické čočky se využívají ke korekci ametropií přibližně +13D až -18 D v závislosti na výrobci, výrobní možnosti bývají i vyšší, ale velmi málo časté. (5)

5.1.2 Tórické brýlové čočky

Tórické čočky se využívají ke korekci astigmatismu. Vyznačují se jednou sférickou a druhou tórickou plochou, která má dva na sebe kolmé řezy s odlišnými lámavostmi. Tloušťka čočky není po celém svém obvodu stejná, okrajová tloušťka je tím větší, čím je větší hodnota cylindru. Cylindr je přídavek ke sférické hodnotě, který má přesně dané stupně podle klasického tabo schéma. (5)

5.1.3 Asférické brýlové čočky

Asférické čočky jsou brýlové čočky, které mají místo sférické kulové plochy plochu

asférickou. Vyrábějí se ve dvou provedeních, přední strana je asférická, zadní sférická a naopak. Asférická plocha mění poloměr zakřivení od středu k okraji čočky. Taková to změna zakřivení vede k astigmatismu šikmých paprsků, který má za úkol zlepšovat zobrazování na okrajích brýlové čočky. V případě spojných čoček se asférických ploch využívá zejména kvůli ztenčení středové tloušťky a nižší hmotnosti. (5) (28) (29)

5.1.4 Prizmatické brýlové čočky

Prizmatické čočky se podle svého tvaru také nazývají klínové. Jednotka se udává v prizmatických dioptriích (pD) a popisuje odklon světelného paprsku ve vzdálenosti jednoho metru o jeden centimetr. U monofokálních čoček se vyrábějí na sférických, asférických i tórických plochách. U prizmatických čoček se okrajová tloušťka zvětšuje ve směru báze optického klínu. Báze je základnou optického hranolu. Tyto speciální čočky se používají pro korekci fórií. (3)(5)

5.2 Bifokální brýlové čočky

První bifokální čočku navrhl v 18.století Benjamin Franklin. Základním principem bifokální čočky je přidání další čočky (segmentu) k základní jednoohniskové čočce. Přidaná čočka je zatavována či vybrušována do základní čočky a používána je při pohledu do blízka. Bifokálních čoček se využívá pro korekci ametropií i okohybných úchylek. Segmenty do blízka mohou mít různé tvary, od rovných po obloukovité, jejich dioptrická hodnota je dána tzv. adicí, přídavkem do blízka. U jednoduchých ametropií se setkáváme sférickými plochami bifokální čočky, u korekce astigmatismu bývá jedna plocha sférická a druhá tórická. Pro korekci okohybných úchylek se využívá i přídavný prizmatický účinek, který se může zvolit jen pro pohled do dálky, respektive do blízka. (6)

5.3 Trifokální brýlové čočky

Trifokální čočky byly vyrobeny jako řešení vysokých požadavků na vidění. Konstrukce těchto čoček je primárně stejná jako u čoček bifokálních s jediným rozdílem že se vkládá

tzv. mezidíl, který je určen pro pohled na střední vzdálenost. Hodnota tohoto dílu je většinou polovina hodnoty adice. Trifokální čočky jsou již v dnešní době plně nahrazeny čočkami multifokálními. (1)

5.4 Multifokální (progresivní) brýlové čočky

První patent na výrobu multifokálních čoček profesora Maitenaze byl udělen v roce 1959 ve Francii pod obchodní značkou Varilux, která je známa dodnes. Multifokální brýlová čočka je čočka, jejíž optická mohutnost se průběžně mění. Umožňuje vidění na všechny vzdálenosti bez dělicí linie. Tyto čočky jsou výborným řešením pro ametropické presbyopy, kteří se díky tímto čočkám zbaví výměny korekce na různé vzdálenosti. Přední plocha je asférická, zadní plocha bývá sférická nebo torická. Multifokální čočky mají tzv. progresivní kanál, který spojuje horní polovinu čočky určenou pro korekci do dálky a dolní částí do blízka. Typy progresivních čoček se liší především šíří progresivního kanálu. Tyto dvě části jsou spojeny tzv. progresivním koridorem, ve kterém dochází k plynulému zvyšování hodnoty adice směrem ke spodní části čočky až dosáhne celkové lámavosti požadovaného účinku dílu do blízka, tam zůstává konstantní. Progresivní kanál nelze využívat ve vodorovném směru až k okrajům brýlové čočky, protože se na okrajích nacházejí nepravidelné zóny s postupně se zvyšujícím astigmatismem. (6) (19) (27)

5.4.1 Degresivní brýlové čočky

Degresivní brýlové čočky jsou navrženy podobně jako čočky progresivní. Mají optický kanál, ve kterém se plynule mění vrcholová lámavost. Na rozdíl od progresivních čoček se zóna pro vidění na dálku potlačuje a více se rozšiřuje kanál pro střední a blízké vzdálenosti. Degresivní čočky jsou velice dobrým řešením u zaměstnání, které je zaměřeno pro práci na střední vzdálenosti a zároveň pro práci do blízka. (6) (3) (7)

6 Měření brýlových čoček

Před samotným zábrusem brýlových čoček je důležité ověření správné vrcholové lámavosti, označení optického a vztažného bodu. Vrcholová lámavost musí souhlasit s předepsanou hodnotou na předpise od lékaře či optometristy i s hodnotou uvedenou od výrobce na obale brýlových čoček.

6.1 Fokometr

Fokometr je přístroj na měření vrcholové lámavosti brýlové čočky v dioptriích, zjišťuje se optický střed, hlavní řezy astigmatismu tórických čoček a hodnota prizmatického účinku. Podle konstrukce jej můžeme rozdělit do tří skupin. Klasický fokometr s okulárem, projekční fokometr a digitální fokometr. Jejich pořadí v základním rozdělení odpovídá postupnému vývoji těchto přístrojů. (12)

6.1.1 Klasický fokometr s okulárem

Tento základní typ fokometru se skládá z kolimátoru, světelného zdroje ve formě žárovky, opěrné lišty na brýlové čočky či brýlovou obrubu, odpružených kolíků, pomocí kterých se čočky přidrží, testové značky pro označení čoček, objektivu a okuláru. V obrazovém ohnisku objektivu se nachází tabo schéma, nitkový centrovací kříž a úhlová stupnice. Tabo schéma je důležité k nastavení osy při měření tórických a prizmatických brýlových čoček. Nevýhodou klasického fokometru je monokulární pohled do přístroje a samotné nastavení podle refrakčního stavu pozorovatele. (11)

6.1.2 Projekční fokometr

Rozdíl mezi klasickým a projekčním fokometrem spočívá v nahrazení pozorovacího dalekohledu projekčním objektivem. Projekční objektiv promítá zvětšenou testovou značku na matnici, která je opatřena centrovacím křížem a tabo schématem. Největší výhodou tohoto typu fokometru je pozorování matnice binokulárně z běžné pracovní vzdálenosti s jakoukoliv

korekcí.(8)



Obrázek 3 Projekční fokometr

6.1.3 Automatický digitální fokometr

Digitální fokometr patří k nejpoužívanějšímu typu fokometru. Naměřené hodnoty se zobrazují na digitálním displeji, což je hlavní výhoda těchto typů. Výhodou digitálních fokometrů je přesnost při měření víceohniskových bifokálních a progresivních čoček. Nevýhodou je citlivost přístroje při měření nízkých hodnot vrcholových lámavostí. Nejnovější typy disponují funkcí na změření propustnosti záření přes měřenou brýlovou čočku. (6) (8) (12) (11)



(9)

Obrázek 4 Digitální fokometr

7 Automatické brusy

Ruční způsob obrábění brýlových čoček je v dnešní době plně nahrazeno automatickými brusy. Tato zařízení zkvalitnila opracování čoček jak po estetické, tak hlavně po funkční stránce. Automatické brusy jsou maximálně výkonné, vybavené kopírovací obvodovou bruskou a sadou diamantových kotoučů. Součástí každého automatického brusy je kopírovací zařízení, které snímá tvar podle očnice, šablony nebo stávající brýlové čočky.

7.1 Typy automatických brusů

Dělení je odvozené od způsobu snímání tvarů z očnic brýlových obrub a zkopírování během obvodového zábrusu čoček. Automatické brusy tedy rozdělujeme na šablonové, bezšablonové CNC brusky a bezšablonové CNC brusky3D. (14) (17)

7.1.1 Šablonové brusy

Šablonové brusy patří v dnešní době již k méně používaným. V minulosti bylo ke snímání daného tvaru zapotřebí ručního zhotovení šablony pomocí lupénkové pilky, později se začaly využívat speciální vysekávací přístroje zvané šablonovačky. Tyto přístroje kopírovaly tvar očnice brýlové obruby. Šablony se zhotovovaly z polotovarů z umělé hmoty, do kterých se dělaly otvory pro upnutí těchto šablon do brusy.

Výhodou šablonových brusů je možnost kontroly tvaru šablony a porovnání s tvarem očnice, kontrola velikosti dané šablony a bezesporu nižší pořizovací cena toho to přístroje.

Postup samotného zábrusu se skládá na šablonovém brusy ze tří částí. První krok je snímání tvaru očnice a výroba již zmiňované šablony. V dalším kroku přistupuje k vycentrování brýlové čočky, nejprve na fokometru a následně se čočka přikládá na centrovačku, které se přiloží konkrétní šablona. Na vycentrovanou čočku se upne přísavka a brýlová čočka se vkládá do brousícího automatu, kde se na brousícím kotouči čočka obrušuje do požadovaného tvaru a velikosti. Při broušení většiny brýlových čoček je nutná přítomnost vody, protože voda zajišťuje chlazení celého procesu. (10)



Obrázek 5 Šablonovačka

7.1.2 Bezšablonové brusy

Bezšablonové brusy plně nahradily brusy šablonové. Jak už z názvu plyne, potřebné šablony zcela nahradila elektronická paměť počítače, který je nedílnou součástí těchto přístrojů. Zdokonalováním vznikly 3Dbezšablonové automaty, u kterých je rozdíl ve snímání očnice brýlové obruby. Tyto 3D automaty očníci snímají jak v rovině (kóty X a Y), ale i v prostoru, v kótě Z. Zavedením snímání v prostoru se zlepšilo dosednutí fazety do očnice, jelikož se pomocí prostorového snímání zohledňuje i prohnutí očnice. Proces automatického zábrusu má tři fáze, od snímání tvaru, centrování brýlové čočky a její upevnění do nosiče, až po obvodový tvarový zábrus čočky. Tento proces se od šablonových brusů liší spíše jen ve kvalitě softwaru.

Výhoda u bezšablonového způsobu zábrusu je precizní fazeta, kterou tento brus výborně vybrousí s v ostrých rozích očnice, již zmiňované prostorové snímání a celkové zkrácení zábrusu, jelikož není potřeba vyrábět žádnou šablonu. (6) (11)

8 Zábrus brýlových čoček

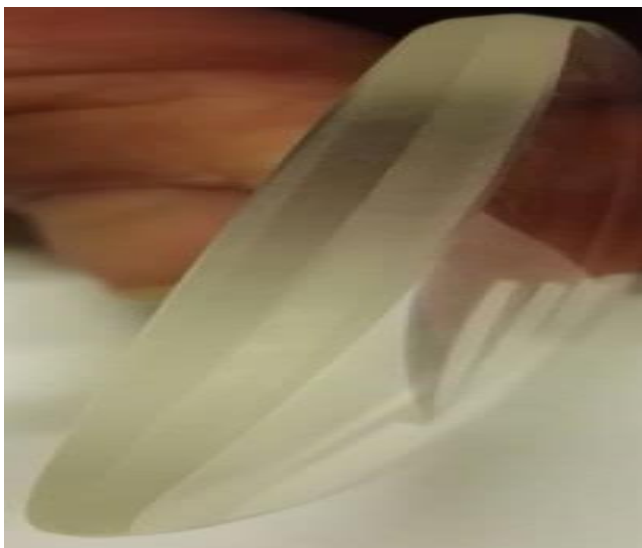
Po správném sejmutí tvaru a nacentrování brýlové čočky následuje obrábění čočky v automatickém brusu. V samotném přístroji jsou umístěny výkonné hrubozrné předbrušovací diamantové kotouče, které čočku obrousí s určitou velikostní rezervou, jelikož budou následovat další brousící operace jako je vybroušení fazety, které probíhá na jednozrném kotouči a leštění, které se provádí u plastových čoček.

8.1 Fazety

Fazeta je tvořena při finálním zabrušování brýlové čočky. Druhy fazet rozdělujeme podle typu očnice brýlových obrub. Pro každý typ fazety je v automatickém brusu příslušný kotouč, který pomocí řídicího programu fazetu upraví. (25)

8.1.1 Střechová fazeta

Střechová nebo také automatická volná fazeta se volí pro zábrus do kovových a plastových celých obrub. Břítová fazeta kopírujeme přední plochu čočky, zadní plocha fazety je širší. Fazetovací kotouč pro tento typ fazety je sestaven ze dvou různě zrnitých kotoučů, přední část čočky je obrousována pomaleji než zadní část. Výhodou je, že není potřeba nastavovat polohu vrcholu fazety. (25)



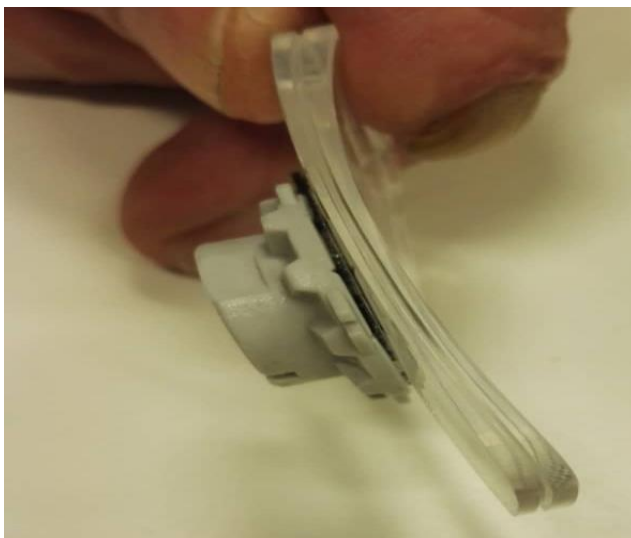
Obrázek 6 Střechová fazeta

8.1.2 Řízená fazeta

Řízená fazeta je vhodná pro celoočnicové kovové a plastové obruby. Tato fazeta je vhodná pro brýlové čočky s velkou okrajovou tloušťkou. Hrana fazety prochází po nastavení předním nebo zadním okrajem čočky, ale může vést i středem okrajové tloušťky. Výhodná je zpravidla u silných spojných čoček, fazeta je vedena podél zadního okraje a tím zabraňuje vyskakování čočky z očníce. Jako vhodný typ fazety se uplatňuje i u tórických čoček, zejména u vysoko cylindrických čoček s přední tórickou plochou. (14) (17)

8.1.3 Plochá fazeta

Plochá fazeta je vhodná u tzv. vázaných obrub. Do této fazety je vybrušovaná drážka, do které se posléze provléká silikonový vlasec, který drží brýlovou čočku v očníci. Po vybrušení se provádí ochranná fazeta na vnitřní straně čočky a čočka se následně z estetických důvodů leští. (6)



Obrázek 7 Plochá fazeta

8.1.4 Krycí fazeta

Krycí fazeta se uplatňuje především u zábrusu minerálních brýlových čoček. Přestože jsou moderní automaty řízené dokonalým softwarem a jsou v nich různé brousící kotouče, pro dokonalou krycí fazetu se využívá brusů ručního. Kotouč takového brusů má diamantová umělá nebo přírodní zrna, která jsou zasazena do bronzového pojiva. Při broušení na ručním brusů je zapotřebí chlazení pomocí vody. Krycí fazeta je finální úkon celého zábrusu. (1)

8.2 Brusné kotouče

Základním nástrojem pro broušení brýlových čoček jsou brusné kotouče. Používané jsou dva druhy kotoučů, kotouče keramické a diamantové. Používanější v optických brusech je diamantový kotouč, keramický kotouč se používá spíše u dokončovacích brusek. Mezi základní typy brusných kotoučů patří předbrušovací pro minerální čočky, předbrušovací pro plastové, fazetovací a leštící kotouče. Některé optické brusy jsou vybaveny wrapovým kotoučem, který se používá při broušení brýlových čoček s velkým prohnutím. S výjimkou polykarbonátových čoček je ke každému broušení zapotřebí dostatečné množství vody, aby se materiál nepřipékal. (1) (3)



Obrázek 8 Brusné kotouče

8.2.1 Diamantové kotouče

Základním materiálem, ze kterého se diamantové kotouče vyrábějí je mosaz a hliník. Na povrchu kotoučů je vrstva mědi, cínu a kobaltu. Tloušťka vstvy pojiva s brusným zrnem se pohybuje od 1 do 2,5 milimetru. V této brusné vrstvě se nacházejí diamantová zrna, koncentrace je vyjádřována v karátech, velikost zrn určuje hrubost kotoučů a vyjadřuje se v mikrometrech. (14) (21)

8.2.2 Keramické kotouče

Základem keramických kotoučů je keramická hlína, která slouží jako pojivo, brusivem je karborundový nebo elektrokorundový prach. Karborundum je z chemického hlediska karbid křemíku, korund oxid hlinitý s příměsí oxidu železitého a křemene. (3)

9 Výrobci brousících automatů

V kapitole budou popsány výrobci automatických brusů a dalšího příslušenství pro zábrus brýlových čoček. Jelikož je nabídka na českém trhu v dnešní době velmi bohatá, detailnější popis firem a jejich výrobků bude zaměřen pouze na ty nejčastější.

9.1 Essilor

Firma Essilor vznikla ve Francii v roce 1972 spojením firem Essel a Silor. Francouzská společnost se specializuje na výrobu dílenské techniky pro oční optiku, ale také na přístroje pro optometry a oftalmology. Essilor je největším výrobcem brýlových čoček. Nejprodáványějšími automatickými brusy této společnosti v České republice jsou Mr. Orange, Mr. Blue, Delta 2 a Neksia. (12)



Obrázek 9 Automatický brus Mr.Blue

9.2 Briot

Společnost Briot je dalším významným výrobcem přístrojů pro oční optiku. Firma byla založena ve Francii roku 1934 jako rodinná společnost a dodnes se těší velkému věhlasu. Výhradním distributorem pro Českou republiku je od roku společnost Omega Optix. Nejprodáványější brousící automaty dnešní doby od firmy Briot jsou Briot Emotion, Briot ALTA

Evolution, Briot Perception. (13) (14)



Obrázek 10 Automatický brus ALTA Evolution

9.3 Topcon

Topcon je původně japonská společnost, jejíž název je zkratka Tokio Optical Company. Tato společnost vznikla ve 30. letech 20. století. V minulosti byl výhradní distributor pro Českou republiku firma Geodis, momentálně je jím od roku 2013 společnost Topcomed, která se specializuje na širokou řadu oftalmologických přístrojů. Mezi nejznámější automatické brusy značky Topcon můžeme zařadit ALE -5000, ALE -5100, Periferie DS-5000 a FR-50/FR-5000. (9)



Obrázek 11 Automatický brus Topcon

9.4 Huvitz

Huvitz je jihokorejská společnost, která byla založena roku 1998. Tento výrobce se specializuje na vybavení optometristických a oftalmologických vyšetřoven, ale i optických dílen. V České republice je hlavním distributorem firma Developtik. Nejprodávanějšími brusy od této společnosti jsou brusy typu Excelon, Excelon EZ, Excelon XD a nejnovějším typem je Kaizer. (15)



Obrázek 12 Automatický brus Excelon

9.5 Tacubomatic

Výrobce brusů značky Tacubo je japonská firma. Distributor pro trh v České republice je v dnešní době firma optiXervis. Mezi nejznámější typy této značky patří ECOM-6, E900, E950, 600 -V2. Právě poslední zmiňovaný typ brusy sloužil i k praktické části této práce z hlediska naměření brýlových čoček, které před tím byly obroušeny na brusech o jiných firm. (22) (23)



Obrázek 13 Tacubomatic

10 Praktická část

Cílem této práce bylo obrousit brýlové čočky daných dioptrií o různých indexech lomu na automatických optických brusech, změřit jejich velikost a následně vyhodnotit opakovatelnost těchto velikostí.

Praktická část byla prováděna na brousících automatech a měřícím přístroji umístěných na půdě FBMI ČVUT v Kladně, oční optice Brýle&Brejle v Praze a Oční optice Pavel Tomší v Týně nad Vltavou.

10.1 Metodika výzkumu

Práce probíhala na optických brusech značek Essilor, Huvitz, Topcon a Takubomatic. Fakulta Biomedicínského inženýrství v Kladně je vybavena ve své optické dílně automatickým optickým brusem Essilor Delta, Huvitz Excelon a Takubomatic 600- V2. Oční optika Brýle&Brejle vlastní brus značky Topcon ALE-5000, v Oční optice Pavel Tomší se práce prováděla na brusku značky Mr.Orange s centrovací soustavou Mr.Blue od firmy Essilor.

Každému zábrusu předcházelo odborné kalibrování skenovacího zařízení tzv. Traceru, obnovení brousících kotoučů a následná kalibrace brousícího automatu. Pro minimalizaci možných chyb byl vybrán kulatý tvar kovové obruby, snímání a následné broušení bylo prováděno vždy jen podle pravé očnice o velikosti 49 mm, velikost nosníku 19 mm. Obrušované brýlové čočky byly plastové, čtyř indexů lomu (1,5; 1,59; 1,6; 1,67) v dioptriích ± 3 D. Dioptrické hodnoty byly zvoleny jako průměr nejčastěji broušených čoček v oční optice.

10.2 Výsledky

Výsledné průměry obroušených čoček byly zaznamenány do jednotlivých přehledných tabulek dle typů automatických brusů. Zároveň byly výsledky porovnány názorně v grafech. Předpokladem bylo, že výsledný průměr obroušených čoček se bude lišit od průměru šablony maximálně o 0,2 mm.

10.3 Topcon

Automatický brus Topcon ALE 5000 má skenovací soustavu a centrovací část, ale oba tyto přístroje jsou mimo brousící soustavu. Po zapnutí centrovací věže, skenovacího zařízení a brusů byla obruba vložena do skenovacího zařízení, ve kterém byla načtena pravá očníce kovové obruby, byla zadána velikost nosníku obruby a tvar byl následně přenesen do brusů. Načítání a přenášení tvaru ze skenovacího zařízení bylo nutné při každém novém broušení. Parametry pupilární centrace a výšky byly zvoleny na střed očníce. Materiál obruby byl zadán kovový, typ brýlové čočky zvolen podle konkrétního typu obrušovaného polotovaru. Na výběr byl tedy opět materiál plast, polykarbonát a vysoko index. Zvolen byl dvoustupňový přitlak, fazetu střechovou bez strážení hran a bez leštění, řízenou na 50 %.

Po navolení požadovaných parametrů byl brus zpuštěn zeleným tlačítkem pro pravou očníci. Po obroušení byla brýlová čočka vyjmuta z brusů, pomocí speciálních kleští z ní byla sejmuta přísavka a zapnul se program na omytí brousících kotoučů. Poté byl brus vypnut, stejně tak i skenovací systém a centrovací věž.



Obrázek 14 Skenovací zařízení Topcon

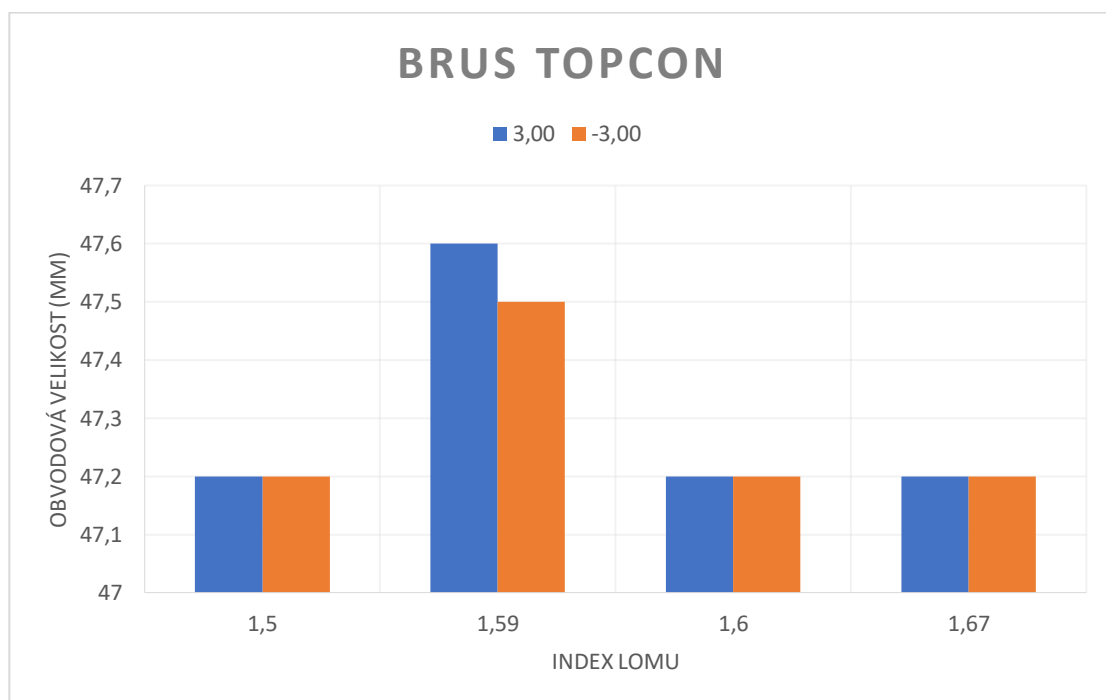


Obrázek 15 Automatický brus Topcon ALE 5000

10.3.1 Výsledky měření

Dioptrie	1,5 index lomu			1,59 index lomu			1,6 index lomu			1,67 index lomu		
+3,00	47,2	47,2	47,2	47,6	47,6	47,6	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2
-3,00	47,2	47,2	47,2	47,5	47,5	47,5	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2	47,2

Tabulka 1: Výsledky měření – automatický brus Topcon



Graf 1: Výsledky měření obroušených čoček – brus Topcon

10.4 Delta

Po zapnutí skenovacího zařízení a brusů, jehož součástí je centrovací sektor bylo prvním krokem snímání tvaru obruby. Kovová obruba byla vložena do skenovacího zařízení a byla zvoleno snímání pouze pravé očnice. Kovový hrot pomalu projel vnitřní drážku očnice, načtený tvar byl přenesen do centrovací části, kde se byla zadána velikost nosníku obruby. Pupilární distance a výška zábrusu byla zvolena na střed a blokováním k polotovaru přichycena plastová přísavka opatřenou lepkou. Na broušícím automatu byl zvolen materiál brýlové čočky tedy plast, polykarbonát nebo vysoko index, podle toho, která brýlová čočka se měla broušit. Přítlak broušení byl zvolen druhého stupně, fazeta střešková řízená na 50 %. Fazeta nebyla leštěna, hrany nesráženy. Na velikosti zábrusu nebyla nepřidávána ani neubírána.

Brýlová čočka byla vložena do brusů a upevněna do čelistí automatu, aby nedocházelo k jejímu otáčení. Po spuštění programu si stroj nejdříve brýlovou čočku proměřil a zkontroloval, zda je zvolený průměr dostačující pro zábrus. Na displeji se zobrazilo, kudy bude přesně vedená fazeta. Samotné broušení plastové čočky začalo na hrubozrnném kotouči za přítomnosti vody, která čočku chladí a zároveň očišťuje od vznikajícího odpadu, v případě broušení polykarbonátu se voda automaticky vypnula a spustila se až při vytváření fazety. Pro broušení brýlové čočky z polykarbonátového a vysoko indexového materiálu si automat zvolí odlišné broušící kotouče než u plastové čočky. V konečné fázi byla vytvořena fazeta a tím proces broušení skončil. Broušící kotouče byly ostříkány vodou a přístroje vypnuty.

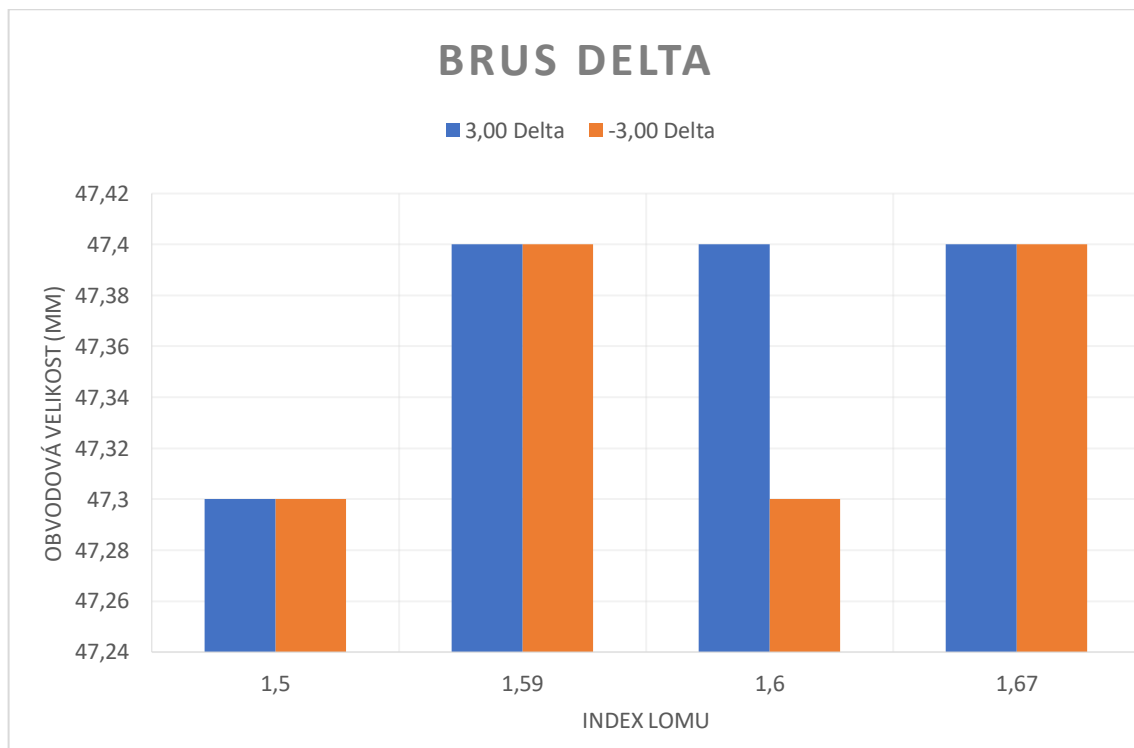


Obrázek 16 Automatický brus Delta se skenovacím zařízením

10.4.1 Výsledky měření

Dioptrie	1,5 index lomu			1,59 index lomu			1,6 index lomu			1,67 index lomu		
+3,00	47,3	47,3	47,3	47,4	47,4	47,4	47,4	47,4	47,4	47,4	47,4	47,4
-3,00	47,3	47,3	47,3	47,4	47,4	47,4	47,3	47,3	47,3	47,4	47,4	47,4

Tabulka 2: Výsledky měření – automatický brus Delta Essilor



Graf 2: Výsledky měření obroušených čoček – brusů Delta Essilor

10.5 Huvitz

Zábrus na optickém brusku Excelon začínalo zapnutím centrovací věže, jejíž součástí je skenovací zařízení a brousící část. Snímání tvaru kovové očnice probíhalo traceru, kde kovový hrot projel po celém obvodu očnice a takto zkopírovaný tvar se automaticky přenesl do centrovací věže. Jelikož byla snímána jen pravá očnice, bylo nutno zadat šíři nosníku.

Na čočku byla připevněna přísavka a vložena do brusku. Před začátkem broušení byly navoleny centrační údaje jako je pupilární distance a výška, oba údaje byly voleny na střed očnice. Materiál byl zvolen plastový, polykarbonátový nebo vysoko indexový, podle toho, který materiál měl být broušen. Z nabídky fazet byla vybrána střešková fazeta bez leštění a srážení hran,

s dvoustupňovým přitlakem. Typy brousících kotoučů byly stejné jako u předchozího typu. Po skončení broušení byly brusné kotouče opět omyty vodou, aby se odstranily nečistoty a přístroje byly vypnuty.

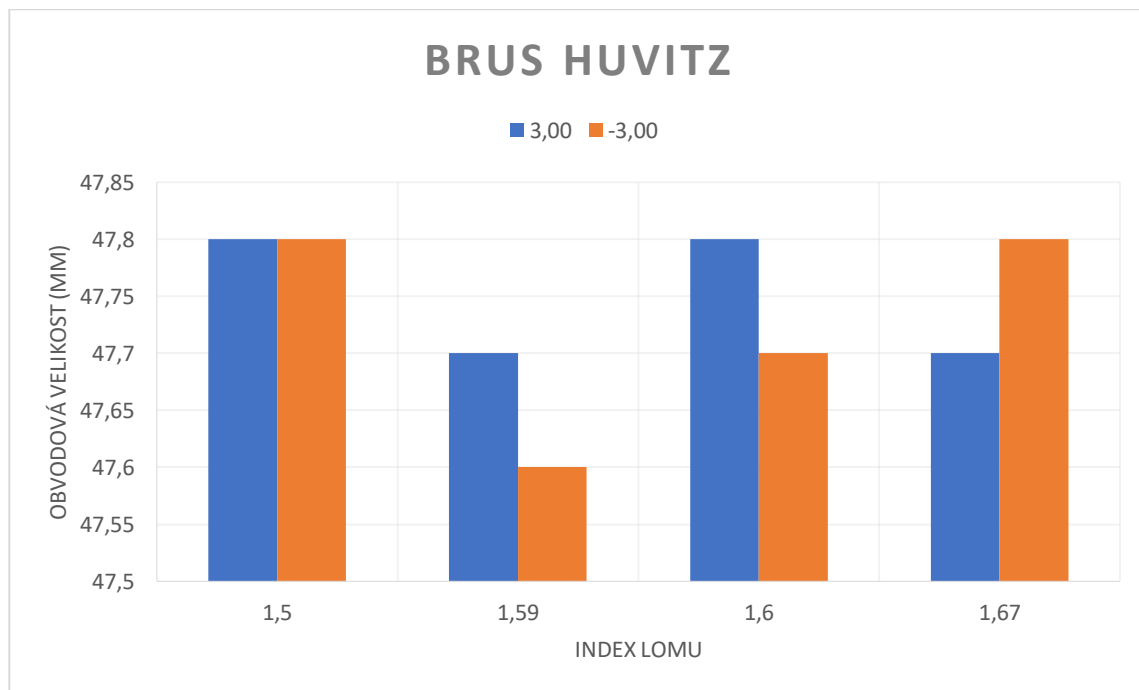


Obrázek 17 Automatický brus Excelon s centrovací věží

10.5.1 Výsledky měření

Dioptrie	1,5 index lomu			1,59 index lomu			1,6 index lomu			1,67 index lomu		
+3,00	47,8	47,8	47,8	47,7	47,7	47,7	47,8	47,8	47,8	47,7	47,7	47,7
-3,00	47,8	47,8	47,8	47,6	47,6	47,6	47,7	47,7	47,7	47,8	47,8	47,8

Tabulka 3: Výsledky měření – automatický brus Huvitz

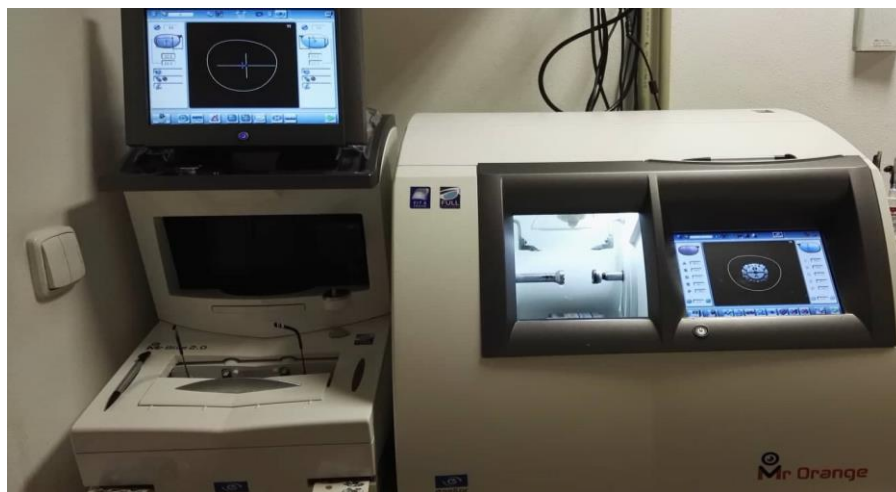


Graf 3: Výsledky měření obroušených čoček – brusu Huvitz

10.6 Mr.Orange

Skenovací zařízení je součástí centrovací věže a jako celek se nazývá Mr.Blue. Tato soustava byla současně s optickým brusem zapnuta a počítačový systém si sám seřídil skenovací, centrovací i brousící část. Kovová obruba byla vložena do traceru, zvoleno bylo skenování pouze pravé očnice. Velikost nosníku byla 18 mm. Sejmутý tvar se zobrazil na obrazovce, kde byly navoleny parametry pupilární distance a výšky zábrusu.

Velká přísavka byla blokováním připevněna na nacentrovanou čočku a takto označená byla upevněna do brusů. Z nabídky materiálů byl vybrán plast, polykarbonát a vysoko index. Byla zvolena střešková fazeta řízená na 50 %, bez leštění a srážení hran, s dvoustupňovým přitlakem. Velikost zábrusu nebyla navyšována ani se nesnižovala. Po zpuštění brousícího programu se polotovar změnil, načetlo se přesné vedení fazety a začalo broušení za přítomnosti vody, v případě polykarbonátu bez vody. Po ukončení programu byla čočka vyjmuta z brusů a kleštěmi z ní sundána přísavka. Brousící kotouče byly ostříhány vodou a oba stroje byly vypnuty.

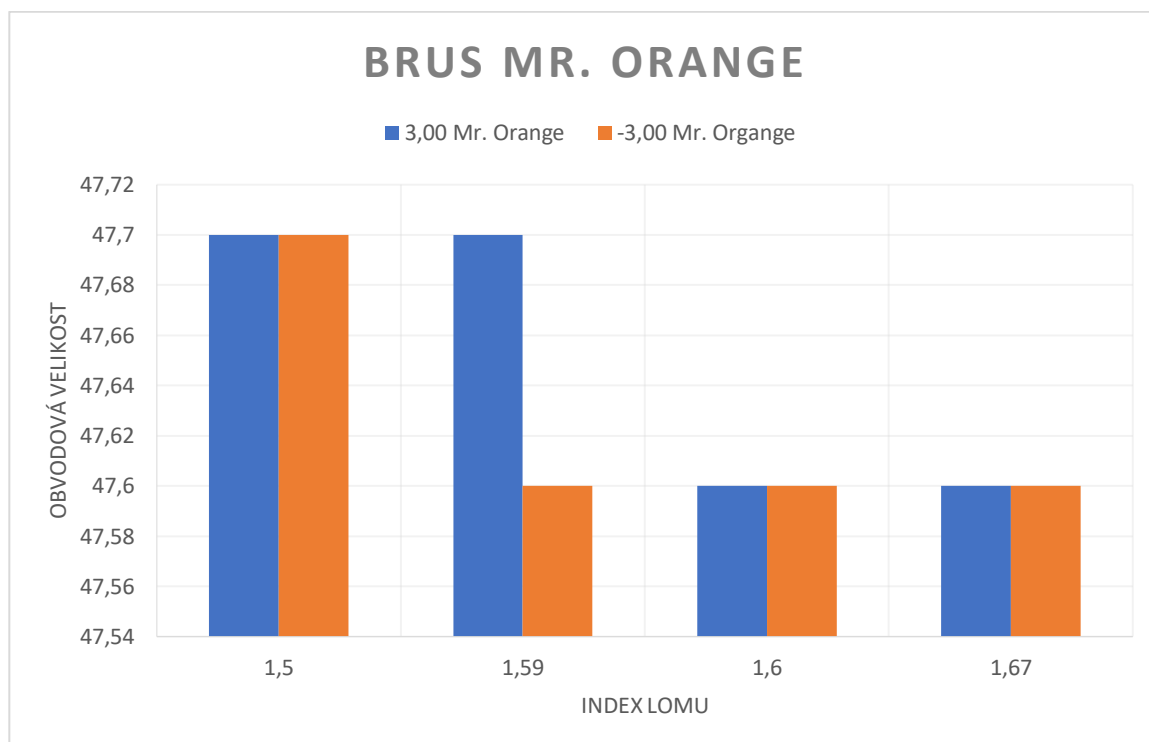


Obrázek 18 Automatický brus Mr.Orange s centrovací věží Mr.Blue

10.6.1 Výsledky měření

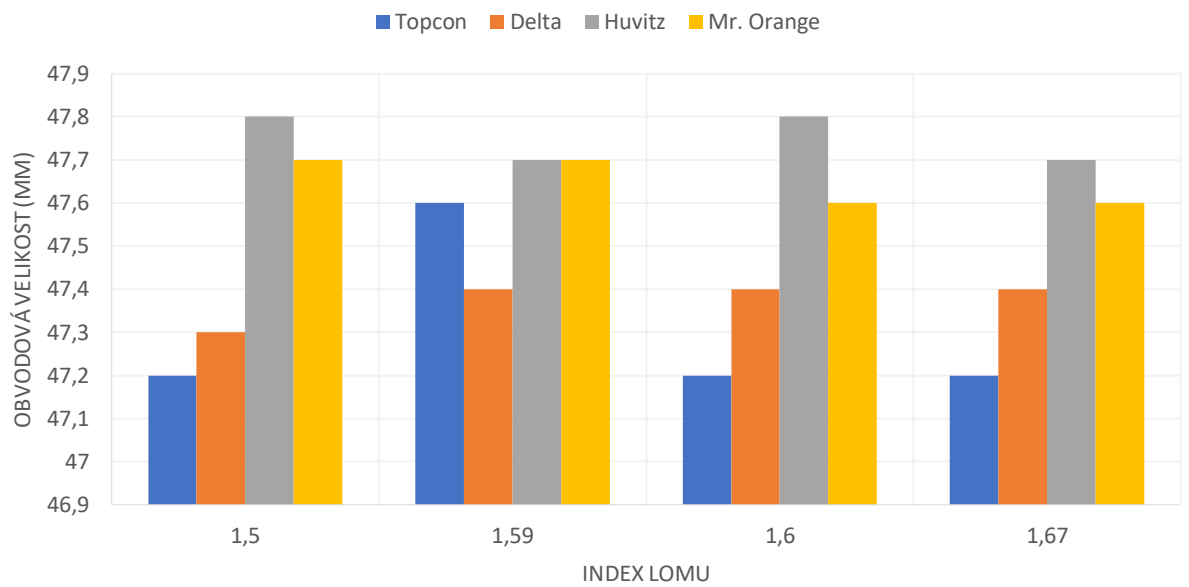
Dioptrie	1,5 index lomu			1,59 index lomu			1,6 index lomu			1,67 index lomu		
3,00	47,7	47,7	47,7	47,7	47,7	47,7	47,6	47,6	47,6	47,6	47,6	47,6
-3,00	47,7	47,7	47,7	47,6	47,6	47,6	47,6	47,6	47,6	47,6	47,6	47,6

Tabulka 4: Výsledky měření – automatický brus Mr. Orange

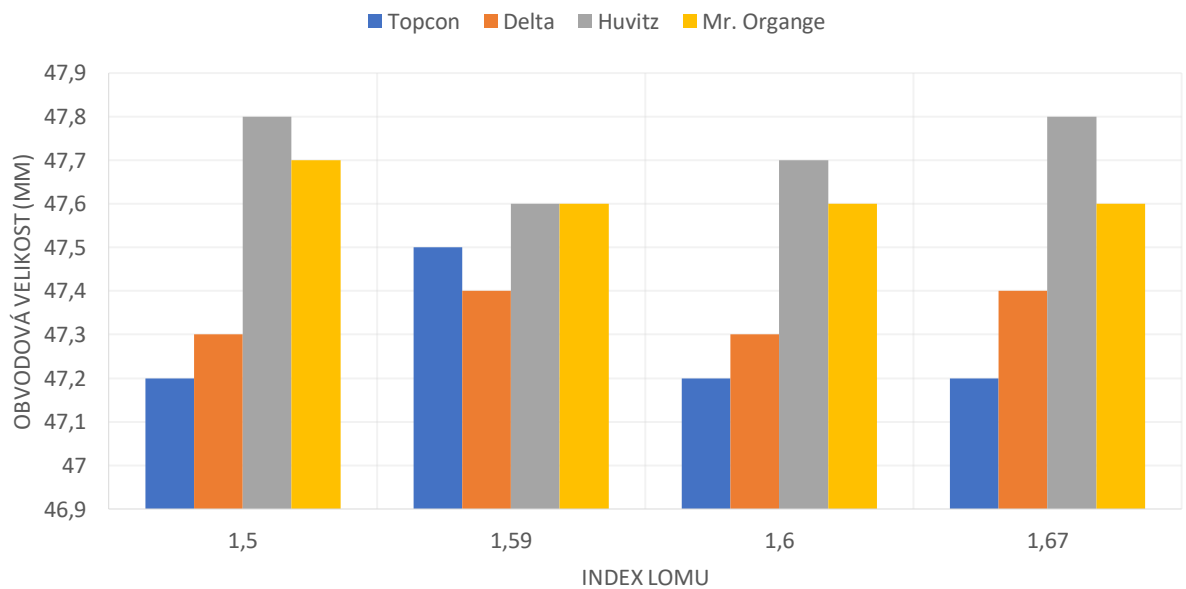


Graf 4: Výsledky měření obroušených čoček – brusu Mr. Orange

ZÁBRUS BRÝLOVÉ ČOČKY +3,00



ZÁBRUS BRÝLOVÉ ČOČKY -3,00



11 Diskuze

V praktické části bakalářské práce byla zkoumána opakovatelnost automatických optických brusů. Výsledná data byla získána celkem z devadesáti šesti brýlových čoček, které byly postupně obroušeny na čtyřech automatických optických brusech od značek Essilor, Huvitz, Topcon a následně byla přeměřena jejich obvodová velikost.

Brýlové čočky byly použity z plastového materiálu o třech různých indexech lomu a polykarbonátového materiálu. Hodnota brýlových čoček byla zvolena $\pm 3,0$ dioptrie, od každé dioptrické hodnoty a každého indexu lomu byly zvoleny tři brýlové čočky. Každá takto obroušená čočka byla postupně třikrát po sobě přeměřena na optickém brusu Tacobomatic. Referenční hodnotou byla velikost očnice kovové obruby 49 mm.

Výsledky všech měření byly zaznamenány v kapitole 10 do přehledných tabulek a grafů. Z těchto údajů je patrné, že se velikosti brýlových čoček obroušených na různých typech automatických brusů liší. Důvodem, proč se údaje liší, může být rozdílné kalibrování brousících automatů, ale i určitá opotřebovanost brousících kotoučů. Výsledky měření potvrdily předpoklad, že se průměrná velikost obroušených čoček bude lišit v průměru o 0,2 mm.

Nejmenší velikost brýlové čočky byla naměřena po obroušení na automatickém brusu Topcon, naopak největších obvodových velikostí dosahovaly brýlové čočky obroušené na automatickém brusu od firmy Huvitz. Největších velikostních výkyvů bylo zjištěno u brýlových čoček z polykarbonátového materiálu, nejméně se pak lišily výsledky u brýlových čoček s indexem 1,5, u kterých se velikosti shodovaly jak u spojných, tak u rozptylných čoček.

Délka zábrusu brýlových čoček byla nejdelší u automatického brusu Topcon. Tento typ optického brusu má zvlášť skenovací, centrovací a brousící část. Při výměně typu brýlové čočky bylo nutné vždy znovu načíst na skenovacím zařízení tvar očnice a ten následně přenášet do brousícího automatu, to celou práci výrazně zpomalilo. U ostatních typů automatických brusů zůstal prvně načtený tvar uložen v paměti a nemusel se proto při každé výměně čočky znovu načítat.

12 Závěr

Úkolem bakalářské práce bylo zjistit opakovatelnost automatických optických brusů. V práci byly popsány typy brýlových čoček, jejich materiály a optické vlastnosti. Dále byly popsány přístroje na měření vrcholových lámavostí, optické brusy a jejich příslušenství a nejčastější výrobci příslušenství pro práci očního optika. V praktické části této bakalářské práce bylo za úkol určit opakovatelnost automatických optických brusů, shrnutí a zhodnocení obsahu a výsledků celé práce.

Praktická část práce probíhala na automatickém brusu Topcon ALE 5000, na dvou automatických brusech značek Essilor Delta a Essilor Mr.Orange s centrovací a skenovací soustavou Mr.Blue a na automatickém brusu značky Huvitz Excelon. Pro měření obvodové velikosti obroušených čoček bylo využito optického brusu Tacubomatic. Výsledky naměřených hodnot byly vyneseny do tabulek a grafů.

Z výsledků vyplývá, že u obroušených čoček nedocházelo k výrazným odchylkám. Vzniklé odchylky mohly být způsobené rozdílnou kalibrací jednotlivých brusů nebo větším opotřebením brousících kotoučů u některého z brusů.

13 Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 ČTECÍ KÁMEN	9
OBRÁZEK 2 HISTORICKÉ BRÝLE	11
OBRÁZEK 3 PROJEKČNÍ FOKOMETR	21
OBRÁZEK 4 DIGITÁLNÍ FOKOMETR	22
OBRÁZEK 5 ŠABLONOVÁČKA.....	24
OBRÁZEK 6 STŘECHOVÁ FAZETA	26
OBRÁZEK 7 PLOCHÁ FAZETA	27
OBRÁZEK 8 BRUSNÉ KOTOUČE	28
OBRÁZEK 9 AUTOMATICKÝ BRUS MR.BLUE	29
OBRÁZEK 10 AUTOMATICKÝ BRUS ALTA EVOLUTION	30
OBRÁZEK 11 AUTOMATICKÝ BRUS TOPCON	30
OBRÁZEK 12 AUTOMATICKÝ BRUS EXCELON	31
OBRÁZEK 13 TACUBOMATIC.....	31
OBRÁZEK 14 SKENOVACÍ ZAŘÍZENÍ TOPCON	34
OBRÁZEK 15 AUTOMATICKÝ BRUS TOPCON ALE 5000.....	34
OBRÁZEK 16 AUTOMATICKÝ BRUS DELTA SE SKENOVACÍM ZAŘÍZENÍ	36
OBRÁZEK 17 AUTOMATICKÝ BRUS EXCELON S CENTROVACÍ VĚŽÍ	38
OBRÁZEK 18 AUTOMATICKÝ BRUS MR.ORANGE S CENTROVACÍ VĚŽÍ MR.BLUE	40

14 Seznam tabulek

TABULKA 1: VÝSLEDKY MĚŘENÍ – AUTOMATICKÝ BRUS TOPCON	35
TABULKA 2: VÝSLEDKY MĚŘENÍ – AUTOMATICKÝ BRUS DELTA ESSILOR	37
TABULKA 3: VÝSLEDKY MĚŘENÍ – AUTOMATICKÝ BRUS HUVITZ.....	39
TABULKA 4: VÝSLEDKY MĚŘENÍ – AUTOMATICKÝ BRUS MR. ORANGE	41

15 Seznam grafů

GRAF 1: VÝSLEDKY MĚŘENÍ OBROUŠENÝCH ČOČEK – BRUS TOPCON	35
GRAF 2: VÝSLEDKY MĚŘENÍ OBROUŠENÝCH ČOČEK – BRUSU DELTA ESSILOR	37
GRAF 3: VÝSLEDKY MĚŘENÍ OBROUŠENÝCH ČOČEK – BRUSU HUVITZ.....	39
GRAF 4: VÝSLEDKY MĚŘENÍ OBROUŠENÝCH ČOČEK – BRUSU MR. ORANGE.....	41

16 Seznam použité literatury

1. Rutrle, Miloš. *Brylová optika*. Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. ISBN 8070131454.
2. Polášek, Jaroslav. *Technický sborník Oční optiky*. Praha : Nakladatelství technické literatury Praha, 1974.
3. Petr Veselý, Peter Šimovič, Sylvie Petrová. *Konvenční a free-form technologie výroby brýlových čoček*. Brno : Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2014. ISBN 978-80-7013-566-2.
4. *Plastové čočky z tvrdé pryskyřice v České republice*. Kuiper, Hans L. 46, Praha : Česká Oční Optika, 2005, Sv. 2/2005. ISSN 1211-233X.
5. Mojžíšivá, Milena. *Brylové čočky Bakalářská práce*. Brno : Milena Mojžíšivá, 2008.
6. Najman, Ladislav. *Dílenská praxe očního optika*. Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. ISBN 80-7013-328-7.
7. Baštecký, Richard. *Praktická brýlová optika*. Praha : RH optik, 1997.
8. *Centrování brýlových čoček*. Najman, Ladislav. 52, Brno : Česká Oční Optika, 2011, Sv. 2/2011. ISSN 1211-233X.
9. internetové stránky značky Topcon. [Online] 2019. [Citace: 17. duben 2019.] https://issuu.com/geodis/docs/katalog_topcon_optika_web.
10. *Automatické zábrusové sestavy*. Najman, Ladislav. 49, Brno : Česká Oční Optika, 2008, Sv. 1/2008. ISSN 121-233X.
11. Beneš, pavel. *Optická praktika*. Brno, Jihomoravský, Česká republika : Elportál Brno, 27. prosinec 2018. ISSN 1802-128X. 2010.
12. Essilor. Essilor. *Essilor*. [Online] 28. prosinec 2018. <https://www.essilor.cz/CS/Pristroje/Stranky/default.aspx>.
13. Paun, Sonja. *Zábrusové systémy prožhotovení brýlí*. Brno : Sonja Paun, 2013.
14. optix, omega. omega optix přístroje. *omega optix*. [Online] 27. prosinec 2018. <https://www.omega-optix.cz/pristroje>.
15. www.developoptik.cz. *www.developoptik.cz*. [Online] 27. prosinec 2018. <http://www.developoptik.cz/>.
16. Najman, Ladislav. Tvarový zábrus brýlových čoček. [Online] 6. prosinec 2017. https://www.4oci.cz/tvarovy-zabrus-brylovych-cocek_4c724.
17. kolektiv, Kuchyňka Pavel a. *Oční lékařství*. Praha : Grada, 2007. ISBN 80-2471163-X.
18. *Progresivní čočky a refrakční chyby*. Vymyslický, Ivan. 2006/1, místo neznámé : Česká oční optika, 2006.
19. Miloš, Rutrle. *Přístrojová optika*. Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně , 2000. ISBN 80-7013-301 .
20. Soňa, Jexová. *Geometrická optika*. Praha : Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2010. ISBN 978-80-7013-521-1.
21. Aneta, Štrofová. Free-Form technologie brýlových čoček. [Online] Duben 2011.
22. Danae vision. [Online] [Citace: 14. duben 2019.] <http://optickepristroje.cz/13-brusne-automaty>.
23. optiXervis. [Online] [Citace: 16. duben 2019.] <http://www.takubomatic.websnadno.cz/produkty.html>.

24. Hana, Adámková. Srovnání automatických brousících zařízení v oční optice. [Online] 2011.
25. Petrusová, Michaela. Technologický postup zábrusu a vsazování brýlových čoček do různých typů brýlových obrub. [Online] 2011.
26. D., Drewry Richard. <http://www.teagleoptometry.com/history.htm>. [Online] [Citace: 20. leden 2019.] <http://www.teagleoptometry.com/history.htm>.
27. Heiting, Gary. Bifocals And Trifocals: Solutions For "Short Arms". [Online] [Citace: 20. březen 2019.] <https://www.allaboutvision.com/lenses/multifocal.htm>.
28. *Co je to asférická a atorická plocha.* Ladislav, Najman. 2, místo neznámé : česká oční optika, 2004, Sv. 45.
29. *Co je to sférická plocha.* Ladislav, Najman. 4, místo neznámé : Česká oční optika, 2003, Sv. 44.
30. Miloš, Rutrle. *Brýlová technika, estetika a přizpůsobování brýlí.* Brno : Národní centrum ošetrovatelství, 2001. 8070133473.