TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní

Vnitřní struktura příze - metodika značených vláken

Diplomová práce

Studijní program: N3106 – Textilní inženýrství
Studijní obor: 3106T017 – Oděvní a textilní technologie

Autor práce: **Bc. Denisa Konopková**
Vedoucí práce: Ing. Monika Vyšanská, Ph.D.

Liberec 2019

Technická univerzita v Liberci
Fakulta textilní
Akademický rok: **2015/2016**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Bc. Denisa Konopková**
Osobní číslo:	**T15000092**
Studijní program:	**N3106 Textilní inženýrství**
Studijní obor:	**Oděvní a textilní technologie**
Název tématu:	**Vnitřní struktura příze - metodika značených vláken**
Zadávající katedra:	**Katedra technologií a struktur**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte průzkum existujících přístupů k metodikám sledování trajektorie značených vláken v přízi.
2. Působením agresivní chemikálie došlo k postupné devastaci některých částí původního zařízení. Obnovte stávající laboratorní zařízení či realizujte výrobu aparátu nového.
3. Vyšetřete vnitřní strukturu přízí shodných s přízemi testovanými na původním aparátu.
4. Srovnejte výsledné hodnoty migračních charakteristik získané pomocí obou aparátů. Vyvoďte závěry.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **cca 50 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] El-Behery, H. M.: Study of Theories of Fiber Migration - Need for More Fundamental Approach and Further Studies, Textile Research Journal, vol. 38, No. 4, 1968
[2] Morton, W. E.: The Arrangement of Fibers in Single Yarns, Textile Research Journal, 1956
[3] Grishanov, S. A., Harwood, R. J., Bradshow, M. S.: A Model of Fiber Migration in Staple-fiber Yarn, Part I., No. 3, Journal of Textile Institute, 1999
[4] Hearle, J. W. S., Gupta, B. S., Merchant, V. B.: Migration of Fibers in Yarns, Part I.: Characterization and Idealization of Migration Behavior, Textile Research Journal, 1956
[5] Hearle. J. W. S., Goswami, B. C.: Migration of Fibers in Yarns, Textile Research Journal, August, 1968
[6] Neckář, B.: Příze - tvorba, struktura, vlastnosti, SNTL, Praha, 1990
[7] Rohlena, V. a kol.: Bezvřetenové dopřádání, Praha, 1974

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Monika Vyšanská, Ph.D.**
Katedra technologií a struktur

Konzultant diplomové práce: **Ing. Martin Krula**
Katedra technologií a struktur

Datum zadání diplomové práce: **5. dubna 2016**

Termín odevzdání diplomové práce: **4. května 2018**

Technická univerzita v Liberci Fakulta textilní

L.S.

Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka

Ing. Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 4. dubna 2018

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní

Žádost o změnu termínu odevzdání závěrečné práce

Jméno a příjmení: DENISA KONOPKOVÁ

Osobní číslo: T15000092

Studijní program: N3106 TEXTILNÍ INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: ODĚVNÍ A TEXTILNÍ TECHNOLOGIE

Zadávající katedra: KATEDRA TECHNOLOGIÍ A STRUKTUR

Žádám o změnu termínu odevzdání závěrečné práce z 4.5.2018 na 7.12.2018 .

Odůvodnění žádosti:
VZHLEDEM K ROZSÁHLÉMU OBSAHU DIPLOMOVÉ PRÁCE A VÝROBĚ APARÁTU S TÍM SPOJENÉ, ŽÁDÁM O ZMĚNU TERMÍNU ODEVZDÁNÍ ZÁVĚREČNÉ PRÁCE.

V LIBERCI dne 23.6.2018 Podpis: Konopková

Vyjádření vedoucího práce: souhlasím

Vyjádření vedoucího katedry: souhlasím

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní

Žádost o změnu termínu odevzdání závěrečné práce

Jméno a příjmení: DENISA KONOPKOVÁ

Osobní číslo: T15000092

Studijní program: N3106 TEXTILNÍ INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: ODĚVNÍ A TEXTILNÍ TECHNOLOGIE

Zadávající katedra: KATEDRA TECHNOLOGIÍ A STRUKTUR

Žádám o změnu termínu odevzdání závěrečné práce z 7.12.2018 na 18.4.2019

Odůvodnění žádosti: KVŮLI PRACOVNÍ VYTÍŽENOSTI, VZHLEDEM K ROZSÁHLÉMU OBSAHU DIPLOMOVÉ PRÁCE A VÝROBĚ APARÁTU S TÍM SPOJENÉ, ŽÁDÁM O ZMĚNU TERMÍNU ODEVZDÁNÍ ZÁVĚREČNÉ PRÁCE.

V LIBERCI dne 18.1.2019 Podpis: Konopková

Vyjádření vedoucího práce: SOUHLASÍM

Vyjádření vedoucího katedry:

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že texty tištěné verze práce a elektronické verze práce vložené do IS STAG se shodují.

14. 4. 2019

Bc. Denisa Konopková

Anotace

Diplomová práce je členěna na dvě části, teoretickou a experimentální. Teoretická část vysvětluje problematiku vnitřní struktury příze a objasňuje existující přístupy k metodikám sledování trajektorie značených vláken v přízi. Další kapitoly se zabývají barvením viskózových vláken a volbou správného odstínu barviva, a také viskózou samotnou. Závěr této části popisuje vhodný výběr imerzní kapaliny.

Experimentální část se zaměřuje na výrobu nového zařízení umožňující zkoumat trajektorii vlákna v přízi metodou značených vláken. Pomocí laboratorní techniky (mikroskopu a posuvného stolku) je snímáno vlákno v úseku až 6 cm. Obrazy jsou analyzovány v počítačovém programu NIS Elements. Výstupem jsou data, která jsou zpracována programem MatLab. Tímto programem je vytvořena 3D rekonstrukce značených vláken, je určen poloměr příze, koeficient zapředení, průběh úhlů α a β, a procentuální zastoupení vláken se smyčkami a háčky. Na závěr jsou porovnávány hodnoty z nového zařízení a hodnoty z původního aparátu.

Klíčová slova

Vlákno, příze, ideální šroubovicový model, migrace vláken, značená vlákna, aparát

Annotation

Graduation Thesis is divided into two parts, theoretical and experimental. The theoretical part explains the internal structure of yarn and clarifies existing approaches to monitoring the trajectory of the methodologies of fibers in the yarn. The next chapter of the theoretical part deal with the dyeing viscose fibers and choosing the right shade of dye, and also viscose alone. The conclusion of this section describes a suitable choice of the immersion liquid.

The experimental part focuses on the production of a new device allowing to investigate the trajectory of fibers in the yarn by the method of labelled fibers. For the use of laboratory techniques (microscope and slide table) a fiber is scanned up to 6 cm. The images are analyzed in the computer program NIS Elements. Output is data that are processed by the program MatLab. This program creates a 3D reconstruction of the labelled fibers, is determined by the radius of the yarn, the coefficient of spinning, the course of the angles α and β, and the percentage of fibers with loops and hooks. In conclusion are compared the value of the new device and the value of the original apparatus.

Keywords

Fiber, yarn, ideal helical model, the migration of fibers, labeled fibers, apparatus

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Monice Vyšanské, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky, vstřícnost a trpělivost při vypracovávání této diplomové práce. Mé díky patří také Ing. Martinu Krulovi za rady a konzultace nad realizací nového zařízení, a Šárce Řezníčkové za ochotu a pomoc při práci s laboratorní technikou.

Dále děkuji firmě sklenářství Banýr a firmě PeTra Turnov za realizaci aparátů. V neposlední řadě děkuji své rodině za psychickou podporu.

Obsah

Seznam použitých zkratek a symbolů……...……12

TEORETICKÁ ČÁST

1 Základní pojmy 16

1.1 Vlákno 16

1.2 Příze 16

1.3 Ideální šroubovicový model IŠM 16

1.4 Migrace vláken 18

1.4.1 Složky migrace 18
1.4.2 Migrační charakteristiky 20
1.4.3 Vnesená migrace 21
1.4.4 Migrační důsledky vyrovnávání délek 22
2 Existující přístupy k metodikám sledování trajektorie značených vláken v přízi .. 24

2.1 Metodiky 24

2.1.1 Metoda sekvencí řezů 25
2.1.2 Metoda šikmých řezů 26
2.1.3 Metoda značených vláken 26
3 Viskóza 35

3.1 Historie 35

3.2 Výroba 35

3.2.1 Zrání 36
3.2.2 Xantogenace 36
3.2.3 Rozpouštění 36
3.2.4 Zvlákňování a koagulace 37
3.2.5 Vlastnosti 37
3.2.6 Použití 37
4 Barvení viskózových vláken 38

4.1 Barvení značených vláken 40

4.2 Zapředení značených viskózových vláken 40

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

5 Laboratorní přístup 42

5.1 Návrhy a realizace nového aparátu 42

5.1.1 Požadavky kladené na nový aparát 43
5.1.2 První návrhy nového zařízení 43
5.1.3 První vytvořený aparát ze skla 45
Postup výroby: 46
5.1.4 Výběr těsnící zátky 48
5.1.5 Druhý vyrobený aparát ze skla (použit pro měření) 50
Postup výroby: 51
5.1.6 Výroba ochranného obalu pro zařízení 52
5.1.7 Podkladový papír a osvit 53
6 Ovlivňující faktory měření 54

6.1 Průtah příze aparátem a jeho vliv na měření 55

7 Pozorování vnitřní struktury příze - metodou značených vláken 58

7.1 Snímání obrazů podélných pohledů příze se značenými vlákny v programu NIS Elements 58

7.1.1 Následující kroky měření 59
7.2 Zpracování obrazů pomocí software obrazové analýzy NIS Elements 64

7.2.1 Práce s makrem pro úpravu velikosti obrazů 64
7.2.2 Práce s makrem - značená vlákna 65
7.3 Zpracování dat a obrazů pomocí programového prostředí MatLab 68

7.4 Výsledky zpracování dat a obrazů podélných pohledů jednoduché příze s obsahem značených vláken v systému MatLab 70

7.4.1 Výsledná 3D rekonstrukce vláken 70
7.4.2 Průběh úhlu α 71
7.4.3 Průběh úhlu β 74
7.4.4 Závislost mezi experimentálními daty získanými pomocí nového zařízení a exp. daty z původního zařízení pana Ing. Kracíka 77
7.4.5 Statistické výsledky koeficientu zapředení KF 85
7.4.6 Statistické výsledky poloměru příze 86
7.4.7 Procento zastoupení vláken se smyčkami a háčky 86

Závěr 88

Použitá literatura……...…...89

Příloha 1……...……..….91

Příloha 2……...……95

Seznam použitých zkratek a symbolů

a [$\mathbf{ktex^{2/3}m^{-1}}$] - Phrixův zákrutový koeficient

α [°] - úhel odklonu od (k) ose příze

β [°] - úhel sklonu vláken vůči ose příze

γ [°] - úhel odklonu sklonu vláken vůči ose příze

c [m/s] - rychlost světla ve vakuu

dr [mm] - délka poloměru krouceného útvaru elementu vlákna

dζ [mm] - délka elementu krouceného útvaru

dφ [°] - úhel obtočení osy elementem

$D_{příze}$ [mm] - průměr příze

$D_{příze\ /2}$[mm] – poloměr příze

F_t [N]– Třecí síla (síla působící proti směru pohybu smýkaného tělesa)

f – [-]součinitel smykového tření

F_n [N] – kolmá přítlačná síla

IŠM – ideální šroubovicový model

K_F[-] - koeficient zapředení

l_v [mm] - délka vlákna

l_p [mm] - délka průmětu vlákna

μ [-] - zaplnění příze

n [-] -index lomu

π – matematická konstanta (poměr obvodu kruhu k jeho průměru)

prtsc – Print Screen – funkce pro nasnímání obrazu na monitoru

R [-] - korelační koeficient

$R_{obecný}$ [mm] - poloměr vůči ose příze

S [$\mathbf{mm^2}$] -celková plocha řezných plošek vláken v přízi

S_c [$\mathbf{mm^2}$] -plocha celého průřezu příze

Σ – vyjadřuje v matematice součet dvou a více čísel

$ζ_i$ [mm] - délka úseku vlákna uvnitř příze v prostorovém průběhu

$\zeta_{p,i}$ **[mm]** - délka vlákna uvnitř průmětu „stínu“ příze

T [tex] - jemnost příze

t [tex] - jemnost vlákna

v [m/s] - rychlost světla v daném prostředí

Z [1/m] - zákrut příze

Úvod

Od počátku tvorby prvních délkových textilií (přízí) se zvyšovala touha po vědění a zkoumání jejich vnitřní struktury. Příze byla zprvu sledována pouze lidskými smysly bez schopnosti nahlédnout do vnitřních vrstev. Zvídavost však časem přinesla mnohé technologie a metody, které tuto možnost zpřístupňovaly.

Obecně existují dvě hlavní metodiky sledování trajektorie vláken v přízi. Metoda kolmých řezů (z ní vycházející metoda šikmých řezů) a metoda značených vláken. Metoda kolmých či šikmých řezů využívá principu na sebe navazujících řezů příze v určité posloupnosti. Metoda značených vláken využívá optického zprůhlednění vláken imerzní kapalinou. Principiálně je příze snímána sekvencí dvou na sebe kolmých pohledů. Analýza vytvořených obrazů probíhá v programu Nis Elements (software obrazové analýzy), kde je analyzován průběh trajektorie značeného vlákna. Z výchozích souřadnic jednotlivých bodů křivky vlákna (obou pohledů) jsou vytvořeny soubory dat, které jsou následně vyhodnocovány programovým systémem MatLab. Díky tomuto programu je možné vytvořit 3D rekonstrukci orientace vláken v přízi a získat základní charakteristiky příze (koeficient zapředení, směrové úhly, poloměr příze a zastoupení vláken se smyčkami a háčky).

Hlavním cílem diplomové práce je přezkoumat tři rotorová přízová tělesa zmiňovanou metodou a výsledky porovnat s hodnotami vytvořenými pomocí původního aparátu vytvořený panem inženýrem Kracíkem. Výsledky měření jsou znázorněny grafy s popisem, který z těchto grafů vyplývá.

Metodiky a jednotlivé kapitoly s nimi související jsou popsány v části teoretické. Praktická část je věnována výrobě nového zařízení, uvedení do provozu a následného využití pro měření, vycházející z metodiky značených vláken. Vzhledem k rozsáhlé devastaci původního zařízení je tedy navrhnut a zrealizován nový aparát umožňující analyzovat 3 přízová tělesa (s různými zákrutovými koeficienty) za odlišných podmínek. Tato část dále zahrnuje porovnání hodnot obou aparátů a faktory, které můžou do jisté míry proces měření ovlivnit.

TEORETICKÁ ČÁST

1 Základní pojmy

1.1 Vlákno

Vlákno vnímáme jako elementární částici určité nadvlákenné struktury. Vyznačuje se vysokým poměrem délky k tloušťce, ohebností, jemností, pružností. Vlákna jsou dělena na rostlinná, živočišná a nerostná (azbest), ale také se dají rozlišovat z hlediska původu, chemického složení, geometrických vlastností nebo způsobu jejich zpracování. [1]

1.2 Příze

Příze je vnímána jako délková textilie, která je spojena zákrutem nebo pojením spřadatelných vláken. Zaujímá velmi významné postavení v textilní výrobě. Díky své struktuře a vlastnostem z ní vycházejících je příze úspěšně využívána pro výrobu pletenin, tkanin, stužek a jiných textilních výrobků. Příze je svým charakterem schopna plnit požadavky kladené na užitné a zpracovatelské vlastnosti výsledných textilií (trvanlivost, komfort, údržba, vzhled…) [1]

Jemnost příze T je vyjádřena poměrem mezi její hmotností [g] a délkou [km] a udává se v jednotkách [tex].

$$T_t = \frac{m}{l}\ (tex) \tag{1}$$

1.3 Ideální šroubovicový model IŠM

Tvary skutečných vláken a jejich vzájemné uspořádání při procesu tvorby příze vychází z řady velmi složitých dějů. Reálné studium bylo založeno na užití zjednodušených představ o uspořádání vláken v přízi. Nejstarším počátečním pojetím tvorby příze byla myšlenka modelu, která vyjadřovala vytváření soustavy souosých šroubovic. Tyto soustavy vycházely z použití pramínku rovnoběžných vláken, jenž byl symetricky zakrucován kolem své osy. Touto myšlenkou se zprvu zabýval A. Koechlin v roce 1828. Nejpropracovanější ideou souosých šroubovic byla od 40. do začátku 70. let mimo jiné práce V. I. Budnikova. Modely šroubovic byly uvedeny do česky psané literatury J. Simonem. [1]

Předpoklady ideálního šroubovicového modelu

1) Příze je pomyslně vytvořena z nekonečných vláken (pramínku), která jsou rovnoběžně uspořádána.
2) Jednotlivá vlákna vytváří šroubovici v důsledku zakrucování příze. Vlákna jsou zakrucována kolem jedné společné osy.
3) Šroubovice všech vláken mají na daném úseku krouceného útvaru stejný počet ovinů.
4) Tyto šroubovice jsou obsaženy v pomyslném válci s průměrem D, který odpovídá průměru dané příze. [1]

Jelikož existuje různé místní zaplnění μ vláken v jednotlivých vzdálenostech r od osy kroucení, jsou zaváděny další předpoklady pro zaručení ideálního šroubovicového modelu. V ideálním šroubovicovém modelu nedochází k migraci vláken.

5) Zaplnění μ je stejné ve všech místech krouceného útvaru.
6) Hodnota zaplnění je konstantní a není závislá na míře zakroucení.

Úhly αi a βi definující směrové uspořádání vlákna v přízi jsou popsány dvojicí diferenciálních rovnic. [1]

$$dr / d\zeta = 0 \qquad (2)$$

$$d\varphi / d\zeta / = 2\pi Z = \text{konst.} \qquad (3)$$

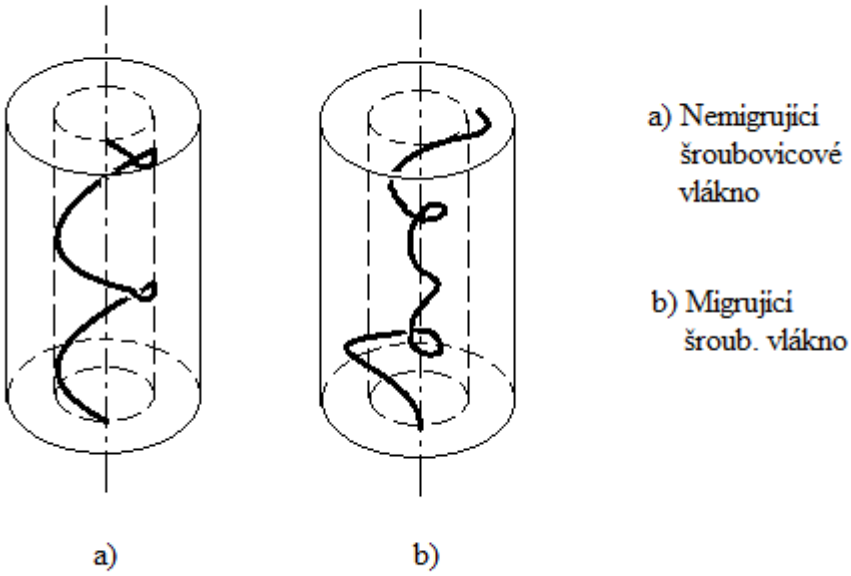
1.4 Migrace vláken

Od počátku vzniku prvních modelů souosých šroubovic bylo jejich tvůrcům zřejmé, že tyto modely zobrazují tvorbu a strukturu zcela nereálně. Příze, jež by byla vytvořená staplovými vlákny, by nebyla schopna samosvornosti a pravděpodobně by se rozpadla. V reálu jsou jednotlivá vlákna navzájem „propletena‘‘, díky tomu k rozpadu příze nedojde. [1]

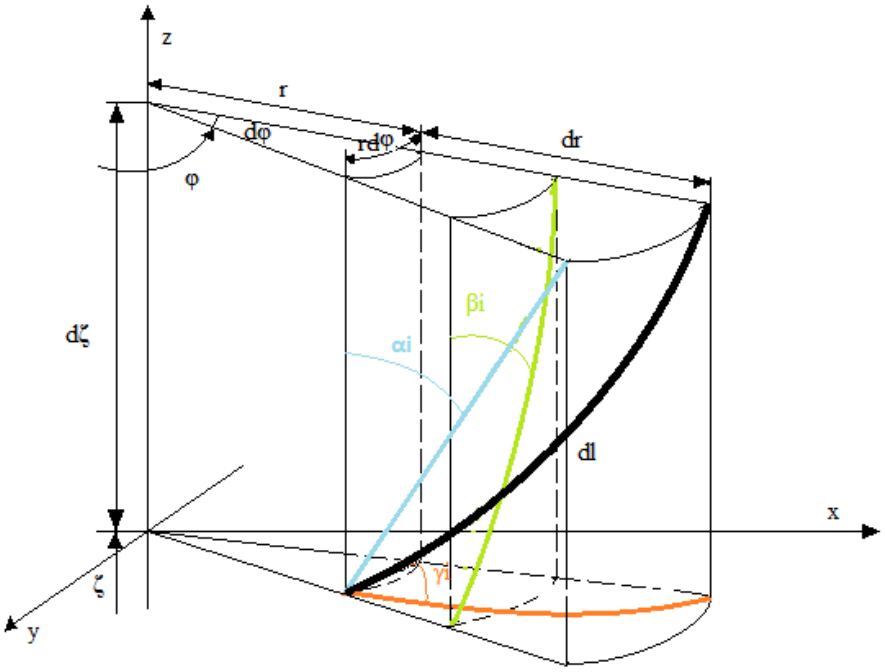
Otázky nad vznikem a geometrií reálného tvaru vláken v přízích se začaly studovat v první polovině minulého století. Název migrace poprvé použil W. E. Morton [3], aby odlišil křivky reálného vlákna od šroubovice. [1]

1.4.1 Složky migrace

Jevem migrace je míněna odlišnost prostorových křivek reálných vláken od šroubovice. Tento jev je znázorněn na obr. 1.



Obr. 1 – Křivka nemigrujícího a migrujícího vlákna v přízi, převzato z [1]



Obr. 2 – Geometrie elementu vlákna s migračními charakteristikami αi a βi, převzato z [1]

Obr. 2 znázorňuje schéma vlákna popsaného dvěma migračními charakteristikami αi a βi. Pod úhlem αi se vlákno pohybuje (migruje) od a k ose příze. Migrace vlákna vůči ose je dána úhlem βi. Délka celého elementu uvnitř výseče je značena dl. Body ležící vně jsou popsány válcovými souřadnicemi osovou vzdáleností ζ, poloměrem r a úhlem φ. [1]

Pro úhly αi, βi, γi a délku elementu dl platí:

$$\mathrm{tg}\ \alpha = \mathrm{dr}/\mathrm{d}\zeta \tag{4}$$

$$\mathrm{tg}\ \beta = r\ \mathrm{d}\varphi/\mathrm{d}\zeta \tag{5}$$

$$\mathrm{tg}\ \gamma = \mathrm{dr}/(r\mathrm{d}\varphi) \tag{6}$$

$$\mathrm{dl} = \sqrt{(dr)^2 + (rd\varphi)^2 + (d\zeta)^2} \tag{7}$$

Jedná-li se o migrující vlákno, není splněna alespoň jedna z diferenciálních rovnic (2), (3), viz kapitola 1.3.

Pokud není splněna rovnice (2), vzdálenost r vlákna od osy příze je proměnlivá, jedná se o radiální migraci.

Není-li splněna rovnice (3), hodnota zákrutu Z se v jednotlivých místech mění, dá se hovořit o zákrutové migraci.

Obvykle je migrace souhrnem všech složek. Jedná-li se čistě o zákrutovou nebo radiální migraci, je uvažována pouze složka jediná. [1]

Zákrutová migrace

Vlákna nemohou být ukládána na jednotlivé poloměry dle ideálního šroubovicového modelu, který odpovídá úhlu β (vznikl by fyzikálně nepřijatelný objem materiálu na daném poloměru), proto jsou vlákna ukládána na jiné poloměry s odlišným úhlem β a tak má vlákno v jednotlivých místech proměnnou hodnotu zákrutu Z. [10][11]

Radiální migrace

Vzniká díky zákrutové migraci, jeli β menší než odpovídá vztahu, vlákna jsou ukládána na menší poloměr a naopak. [10][11]

$$\tan(\beta) = 2\pi R_{obecný} Z \tag{8}$$

(β je úhel sklonu vláken, $R_{obecný}$ – poloměr vůči ose příze, zákrut Z)

Na geometrické vlastnosti plynoucí z migrace je třeba nahlížet dvěma způsoby:

1) Na jednotlivých krátkých úsecích vláken (nekonečně malých elementech)
2) Na jednotlivých vláknech jako celcích [1]

1.4.2 Migrační charakteristiky

V předchozí kapitole byly popsány migrační charakteristiky, které přistupují k migraci deterministickým způsobem. Druhou možností je uvažovat o migraci jako o náhodném procesu, např. Markovský proces [4] a tvrdí, že výskyt jednotlivých vláken podél osy příze jsou nezávislé Poissonovy náhodné události. Předchozí práce pak

využívá k popisu tohoto procesu stejné charakteristiky jako např. Hearle [5], [6] – jako analogii k popisu elektrického proudu, tj. [10][11]

střední pozice vlákna – koresponduje se stejnosměrným proudem; reprezentuje celkovou tendenci vlákna být blízko povrchu nebo blízko centra příze

střední kvadratická odchylka (amplituda migrace) – koresponduje s amplitudou stejnosměrného proudu; odchylka od střední pozice

střední intenzita migrace

perioda migrace (popř. frekvence migrace) – koresponduje s frekvencí stejnosměrného proudu [11]

1.4.3 Vnesená migrace

Pro pochopení a následné aplikace migračních jevů je potřeba se seznámit s mechanismy jejich vzniku v procesu tvorby příze. Vyskytují se dva základní okruhy příčin, které vedou k migraci. První okruh se zabývá orientací vláken ve výchozím pramínku. Při přetváření pramínku v přízi se směrová uspořádanost jeho vláken odráží v migraci. Směrovou uspořádanost je možné do jisté míry ovlivňovat procesem tvorby, v zásadě je ale předurčena použitým pramínkem. Důsledkem toho je nazývána vnesenou migrací. [1]

Druhý okruh příčin vytváří vyrovnávací děje, které probíhají přímo v procesu tvorby. Většinou dochází k rozporu dodávanou délkou vláken a délkou, jenž je potřeba v jednotlivých místech příze. Mechanismus vyrovnávání délek, který kompenzuje relativní přebytek a nedostatek délky, je zdrojem migrace. Zdrojem migrace je také mechanizmus, jenž vyrovnává dodávané a potřebné objemy vlákenného materiálu. [1]

Vnesená pravidelná migrace

G. J. Riding sledoval tuto variantu vnesené migrace. Zakrucoval běžné textilní hedvábí a následně experimentálně analyzoval jeho strukturu. Migrace, kterou našel, byla relativně pravidelná a její perioda se velmi přibližovala převrácené hodnotě ochranného zákrutu, jenž byl vložen do hedvábí při jeho výrobě. Tyto příčiny dále objasnili J. W. S. Hearle a O. N. Bose. Vytvářené hedvábí, které je zajištěno malým ochranným zákrutem Zs, se přibližně shoduje s modelem souosých šroubovic.

Avšak při průchodu hedvábí podávacími válečky a vodiči zakrucovacího stroje se hedvábí zplošťuje do podoby stužky. Samotné zakrucování pak pokračuje jako svinování stužky. [1]

Vnesená náhodná migrace

Tato varianta vnesené migrace je u příze většinou nejvýraznější, co se týká všech migračních mechanismů. Důvodem je pramínek, který není nikdy tvořen jako svazek perfektně souběžných vláken, ale jako jednotlivé úseky vláken odklánějících se od podélného směru. Směrová proměnlivost je důsledkem náhodných procesů, které probíhají při výrobě pramínku. Přenesením do příze vznikne migrace se zřetelným náhodným charakterem. Při přetvoření pramínku dochází ke změně výchozího směrového uspořádání. Příčinou jsou deformace, ke kterým dochází při kroucení. [1]

1.4.4 Migrační důsledky vyrovnávání délek

Mortonův mechanismus – Podle ideálních představ je pramínek tvořen paralelními vlákny o stejné délce. Délky se přechodem do soustavy šroubovic změní (poměrným prodloužením, které závisí na hodnotách seskání δ, společných všem vláknům, na zákrutu Z, a na individuálním poloměru r každého vlákna v přízi. Vlákna kolem osy příze jsou vlivem kroucení stlačována, zatím co vlákna ve vnějších vrstvách se napínají. V klasické představě modelu souosých šroubovic se délkové změny uskutečňují deformací samotné hmoty vlákny. Dle principu pro minimum deformační energie se vlákna pokouší najít si přijatelnější polohu s nižší energetickou hladinou. Vlákna se mezi sebou navzájem ovlivňují a snaží se měnit pozici. Vlákna ve vnější oblasti příze se snaží přemístit do středu, tedy k ose příze. Naproti tomu vlákna ve vnitřní oblasti usilují o přemístění do vnějších vrstev příze. Pokud dochází k tomuto mechanismu, mění se poloha vlákna a vlákno tzv. migruje. K migračnímu pohybu vláken dochází jen tehdy, pokud je příznivá konfigurace vláken okolních. Z náhodného charakteru takových konfigurací ve struktuře příze vyplývá i náhodný charakter uvažované migrace. Tuto myšlenkovou koncepci navrhl poprvé W. E. Morton. [1][3]

Předpokládané ovlivňující parametry migračního chování vláken v přízi

Studováním vnitřní struktury příze a pokusem najít adekvátní model, který může popsat vnitřní strukturu s co největší přesností, může hypoteticky vést k nalezení struktury příze s vlastnostmi, které se výrazně liší od reality. Je tedy nutné uvažovat již v procesu tvorby příze s uvážením účinků různých faktorů, které ovlivňují strukturu příze. [2]

Parametry vláken:

fyzikální vlastnosti - délka, jemnost, tvar průřezu vlákna, koeficient tření, materiál

mechanické vlastnosti - modul v tahu, modul ohybové tuhosti, tažnost, torzní tuhost

Parametry příze:

fyzikální vlastnosti - jemnost, počet zákrutů v přástu, počet zákrutů v konečné přízi

Parametry spřádacího procesu:

mechanické vlastnosti - napětí během spřádání, průtahové ústrojí (počet průtahových sekcí), geometrie a nastavení stroje [2][11]

2 Existující přístupy k metodikám sledování trajektorie značených vláken v přízi

2.1 Metodiky

Současně s objevem předení pravděpodobně vznikla i touha poznávat geometrickou strukturu příze. Potřeba zvýšení kvality a dostupnosti textilií, které byly vyráběny výrobci z let minulých, vedla ke zvídavosti a usnadnění práce.

Dříve byla geometrická struktura příze posuzována pouze lidskými smysly (subjektivně) a to bez jakýchkoliv pomůcek. Pro zjednodušení práce a zpřesnění výsledků byly postupně vyvíjeny nástroje a přístroje. Vznik a rozvoj měření a měřících technik dal možnost hodnotit přízi objektivními metodami, které byly založeny na měření délek, úhlů, ploch a objemů. Objektivní metody skýtají řadu výhod. Největší výhodou je nezávislost na proměnlivých vlastnostech subjektu. Hodnocení geometrické struktury je správnější a přesnější. Objektivní metody se dále dělí na přímé a nepřímé metody zjišťování geometrických vlastností příze. [1]

Přímé metody zabývajícím se bezprostředním zjišťováním délek, úhlů, ploch a objemů v geometrické struktuře příze využívají ve své podstatě nejčastěji optického principu. Lidskému oku je příze příliš malým útvarem, na to, aby ho zachytil. Strukturu příze může zachytit pouze ve zvětšených obrazech pomocí mikroskopu a jiných jednoúčelových zařízeních. [1]

Jednodušší je získání obrazů vnější struktury, které zachycují vlákna ve vnějších vrstvách příze. Naopak složitější je pořízení obrazů vnitřní struktury, kde jsou vlákna procházející vnitřkem příze obklopena ostatními vlákny a jsou proto opticky hůře pozorovatelná (jsou skrytá). Skryté vlákno je možné pozorovat jen tehdy, pokud jsou ostatní vlákna nějakým způsobem odstraněna. Překrývající vlákna lze odstranit fyzicky, formou řezů nebo výbrusů preparátu. Preparát je vytvořen zalitím příze do syntetické pryskyřice či jiného vhodného materiálu. [1]

Překrývající vlákna se dají odstranit i jiným způsobem, a sice optickou cestou. Při zvolení tohoto způsobu je zapotřebí odlišit vlákna, která budou sledována, již v začátku technologického procesu. Tyto vlákna bývají nazývána „značená vlákna‘‘. V absorbční variantě, vhodnou volbou imerzní kapaliny a druhu záření, se veškerý

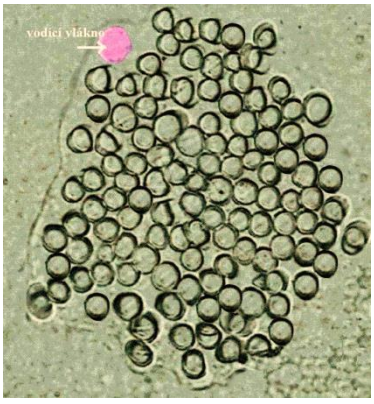
materiál příze kromě značených vláken „zprůhlední‘‘. Ve variantě emisní vysílají značená vlákna takové záření, které výborně proniká okolním materiálem. [1]

Obrazy, které byly pořízeny pomocí těchto metod, je potřeba vyhodnotit. Vzniklé obrazy lze posuzovat subjektivně nebo objektivně poměřit zobrazené geometrické poměry. V minulosti bylo objektivní vyhodnocování zvětšených obrazů struktury příze značně komplikované. Ačkoliv je změření jednoho geometrického údaje snadné, pro stanovení podstatné charakteristiky struktury je zapotřebí získat větší množství údajů z mnoha obrazů. Tento rozsáhlý soubor dat je nutné následně zpracovat ve výsledné hodnoty. Pokud by neexistovala rozvinutá přístrojová technika, která je vybavena automatizačními prvky a dále technika výpočetní, byla by práce časově neobyčejně náročná. [1]

2.1.1 Metoda sekvencí řezů

Této metodě se také říká metoda posloupnosti příčných řezů, která je založena na vyhodnocování řezů příze jdoucí bezprostředně po sobě o konstantní vzdálenost.

Aby tato metoda mohla být použita, je nejprve nutné vyrobit preparát z příze a vosku nebo syntetické pryskyřice. Poté co pryskyřice nebo vosk ztuhne, je možné provést příčné řezy. Pro usnadnění hodnocení jednotlivých vláken v řezu se přidává k textilnímu materiálu tzv. „vodící vlákno‘‘ ještě před zalitím. Vodící vlákno je k přízi přiloženo paralelně a má odlišnou barvu od ostatních vláken. To je zejména výhodné, pokud je snížen počet řezů zvětšením vzdálenosti mezi jednotlivými sekvencemi řezů. Vlivem většího odstupu řezů se obrazy mění natolik, že již není možné přiřadit řezné plochy vlákna k sobě. [1]



Obr. 3 – Vodící vlákno v jedné ze sekvencí řezů, tvorba autor

Po nařezání a nasnímání obrazů se v každém řezu určí polohy středů řezných plošek jednotlivých vláken. Ty symbolizují průsečíky vlákenných ploch s řeznou rovinou. Jednotlivé polohy průsečíků ploch se s každým řezem mění. Je-li konstantní vzdálenost mezi řezy malá, dá se dobře určit, v kterém bodě protíná osa vlákna sousední řeznou rovinu. Systematickým přecházením z jednoho řezu na druhý, je možné vytvořit rekonstrukci prostorových křivek všech vláken. [1]

2.1.2 Metoda šikmých řezů

Tato metoda se přímo odvíjí od problematiky kolmých řezů přízí s tím rozdílem, že jednotlivé řezy jsou prováděny pod určitým úhlem φ_0 k ose přízového tělesa. Ze šikmého řezu je možné odečíst souřadnice krajních bodů elips řezných plošek vlákna a následně vypočíst těžiště konců vláken v horní a dolní řezné rovině. [10]

Úspěšná realizace šikmého řezu vlákna a následné vyčíslení těžišť je podmíněna vhodnou volbou velikosti úhlu sklonu nože vůči ose příze φ_0, tloušťkou šikmého řezu t_0 a jejich nejlépe vyhovujícím počtem, jež jsou vhodné k reprezentaci pro popis chování vláken v celé sledované přízi.

Interval pro úhel sklonu řezné roviny se pohybuje mezi cca 10° – 50°. Přesnější určení daného úhlu je pravděpodobně dáno souvislostí mezi sklonem řezné roviny φ_0 a sklonem vláken β_{povrch} v povrchových vrstvách příze. [10]

2.1.3 Metoda značených vláken

Jeden z postupů, který zpřístupňuje křivku vlákna přímému optickému pozorování, umožňuje zprůhlednění příze imerzní kapalinou. Navzdory tomu, že mnohá textilní vlákna jsou z opticky čirého materiálu, je příze vyrobená z těchto vláken neprůhledná. Důvodem jsou světelné paprsky lámající se na rozhraní vlákno – vzduch, kde se dále rozptylují. Avšak ponoříme-li takovou přízi do imerzní kapaliny s indexem lomu odpovídajícím indexu lomu vlákenného materiálu, vznikne opticky homogenní soustava s průhlednou přízí. Sledujeme-li určitý úsek příze, ve kterém je zapředeno značené (obarvené) vlákno, můžeme lehce zkoumat tvar vlákna a průběh jeho trajektorie, bez ohledu na ostatní (průhledný) materiál. [1]

Poprvé tuto metodu vypracovali a užili při studiu vláken v mykaném pramenu W. E. Morton a R. J. Summers. Později tuto metodu použili K. C. Yen a W. E. Morton pro analýzu vláken v přízích. Na křivku vlákna se nejprve pohlíželo jen z jednoho jejího průmětu. Pořizování dvojice vzájemně kolmých průmětů, ze kterých bylo možné získat všechny možné informace o prostorovém uložení vláken, bylo možné až v pozdějších letech. [1]

Příze se značenými vlákny

Příze vyrobené běžným způsobem nelze metodou zprůhlednění analyzovat. K výpředu je použit materiál, který obsahuje malé množství obarvených značených vláken. Nejlépe viditelná se jeví vlákna obarvená na černo při dosáhnutí co nejhlubšího odstínu. Stálosti vybarvení nejsou požadavkem, ale neměly by narušeny vlastnosti vláken postupem barvení. Výhodou je práce s nižšími teplotami. Pro zachování třecích vlastností je dobré materiál lehce avivovat. [1]

Podíl černé komponenty by měl u příze o jemnosti T z vláken jemnosti t činit asi 40t(tex)/ T(tex) udávané v procentech. Při větším procentuálním zastoupení černé komponenty, objevují se často shluky vláken, které se dá hůře analyzovat. Naopak při nižším množství se objevují zbytečně dlouhé úseky příze bez značeného vlákna a není co analyzovat. Důležitý význam má stejnoměrné rozmístění a perfektní osamocení značených vláken. [1]

Osvědčil se následující postup:

- Příprava směsi vloček, která bude obsahovat 80% bílého a 20% černého materiálu.
- Připravenou směs předložit mykacímu stroji a vzniklou pavučinu odebrat v plné šíři.
- Následně přiložit pavučinu na rouno předkládané mykacímu stroji a klasickým způsobem vyrobit přízi.

Abychom se ujistili, že zvolená kombinace materiálu je správná, lze provést malý kontrolní výpřed. Pokud je koncentrace černých vláken příliš vysoká, lze ji snížit dublováním s bílými prameny na posukovacích strojích. [1]

Možnosti zprůhlednění imerzní kapalinou

Ke zprůhlednění přízí imerzní kapalinou dojde jen tehdy, pokud jsou příze z opticky stejnorodých materiálů. V tabulce 1 dle B. Neckáře, Z. Duška a A. Kovářové jsou uvedeny orientační hodnoty indexů lomů (ve směru kolmém k podélné ose vlákna) některých vláken a kapalin. Doporučovanou imerzní kapalinou bývá zejména methylsalicylát. [1]

Tabulka 1 – Indexy lomu některých vláken a imerzních kapalin [1]

Materiál		Index lomu
vlákno	Bavlna	1,532
	Vlna	1,547
	Len	1,528
	Viskózové	1,519 až 1,523
	Polyamidové	1,526
	Polyesterové	1,537
imerze	Furfurol	1,526
	Chlorbenzen	1,525
	Metyl jodistý	1,529
	Benzyl cianistý	1,521
	Methylsalicylát	1,538
	benzaldehyd	1,545

Častými problémy při zprůhlednění bývají opticky cizorodé příměsi, zatemňující či znejasňující obraz. Jsou to převážně tuky, vosky, pektiny a jiné. Některé cizorodé příměsi lze odstranit vhodnou preparací přízových vzorků. U bavlny je lze odstranit preparací v chloridu zinečnatém nebo postupy obdobné procesu mercerace. Neodstranitelnou cizorodou látkou u chemických vláken je zejména matovací prostředek. Proto se daleko lépe analyzují příze z lesklých vláken. Problémy se vyskytují nejčastěji u polyesterových a směsových vláken. Metoda zprůhlednění je sice velmi efektivní, mnohdy je ale ovlivněna optickými vlastnostmi použitého materiálu. Pro tuto metodu jsou nejvíce použitelná vlákna viskózová a polyamidová. [1]

Test imerzní kapaliny pro viskózová vlákna

Byl uskutečněn test, na jehož základě byla vybrána taková imerzní kapalina, která má index lomu světla shodný s indexem lomu viskózových vláken. Na základě porovnání indexu lomu viskózových vláken a indexu lomu imerzních kapalin byl vybrán jako nejvíce vyhovující již zmiňovaný methylsalicylát. [11]

Při testování imerzních kapalin byla využita digestoř s odsáváním vzduchu. Zejména methylsalicylát se projevuje dráždivými účinky na sliznici dýchacích cest, či způsobuje pálení očí, bolest hlavy a nevolnost. [11]

Lom světla – index lomu

Index lomu světla charakterizuje rozhraní optických prostředí. K lomu světla dochází na rozhraní dvou prostředí tehdy, když světlo z jednoho prostředí proniká do prostředí druhého. [12]

$$n = \frac{c}{v} \tag{9}$$

Kde veličina **c** je rychlost v prvním prostředí (ve vakuu) a **v** je rychlost světla ve druhém prostředí. Zároveň n>=1.

Úhel dopadu světla označujeme α. Úhlem β svírající lomený paprsek s kolmicí dopadu nazýváme úhel lomu.

Snellův zákon lomu:

$$\frac{sin\alpha}{sin\beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \tag{10}$$

Rychlost světla v prvním prostředí značíme v_1. Rychlost světla v druhém prostředí značíme v_2.

Jeli úhel β menší než úhel α, světlo přechází z prostředí opticky řidšího do prostředí opticky hustšího, mluvíme o lomu ke kolmici. Jeli úhel β větší než úhel α, dochází k průchodu světla z prostředí opticky hustšího do prostředí opticky řidšího a mluvíme o lomu od kolmice. [12][13]

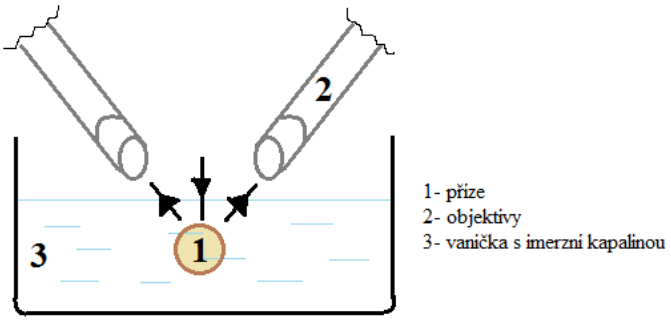
Přístroj OMEST

Tento optický přístroj zkonstruoval A. Stejskal podle ideje A. Stejskala a J. Kašpárka, který umožňuje pozorovat dvojici kolmých průmětů značeného vlákna na principu zprůhlednění příze v imerzní kapalině. Jádrem zařízení je kyveta vyrobená z ocelové trubky čtvercového průřezu s vyfrézovanými podélnými otvory. Vytvořené otvory jsou zalepeny skleněnými průzory, kterými lze pozorovat úsek příze ve dvou kolmých směrech. Příze je umístěna v ose kyvety. Kyveta je upevněna k vaničce s převíjecími cívkami. Příze se odvíjí z jedné cívky a prochází osou kyvety, odkud se vrací v opačném směru na druhou cívku mimo zorné pole. Kyveta spolu s vaničkou (spodní část) jsou naplněny imerzní kapalinou. Optická část přístroje zobrazuje kolmé průměty pozorovaného úseku příze buď v 20násobném zvětšení vedle sebe na matnici, nebo v 2,5násobném zvětšení na filmový negativ. Příze je převíjena z cívky přes kyvetu zpět na druhou cívku za současného pozorování obrazů na matnici a při nalezení značeného vlákna se pohyb příze zastaví. Průměty se vyhodnotí buď přímo z matnice, nebo se zaznamenají na filmový negativ. Zařízení umožňuje pracovat se světlem polarizovaným nebo normálním. [1][7]

Alternativní přístroje pro pozorování značených vláken v přízi

Tyto přístroje jsou založeny na modifikaci pozorování dvou na sebe kolmých pohledů značených vláken v přízi na principu zprůhlednění imerzní kapalinou. Zde jsou uvedeny dva typy.

1) Sledování trajektorie vlákna pomocí dvou objektivů, které jsou postavy v úhlu 90°. Oba snímají vlákno najednou, tj. jsou snímány dva kolmé pohledy naráz. Pozorování celého průběhu trajektorie vlákna je zaručeno pohybem (ve směru osy vlákna) vaničky s imerzní kapalinou upevněné na motorizovaném stolku, nebo pohybem dvojice vzájemně kolmých objektivů. [11]



Obr. 4 – dvojice na sebe kolmých objektivů, převzato z [11]

2) Sledování značeného vlákna jedním pohyblivým objektivem. Objektiv nejprve nasnímá jeden pohled, poté provede výkyvný pohyb a snímá druhý pohled otočený o 90°. Celá trajektorie vlákna je sledována pohybem stolku nebo pohybem objektivu ve směru osy příze. [11]

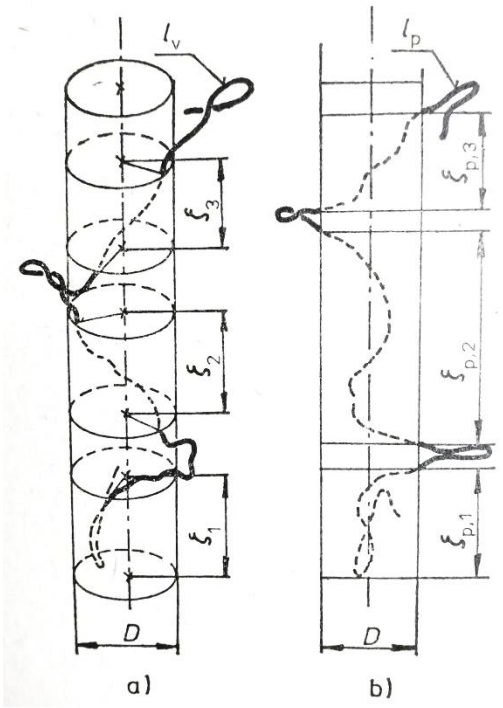
Metody vyhodnocování

Trajektorie vláken se zaznamenávají fotografiemi nebo formou souřadnic mnoha bodů. Obdobně jsou zaznamenávány i prostorové křivky vláken z posloupnosti příčných řezů. Záznamy bylo možné vyhodnocovat metodami, které vznikaly průběžně po mnoho let. Nejstarší metodou je pravděpodobně metoda stanovení koeficientu migrace dle W. E. Mortona [3] Při vývoji rotorových přízí sehrálo významnou roli hodnocení koeficientu zapředení podle J. Kašpárka. Nejrozšířenější metoda, vypracována J. W. S. Hearlem a kolegy, je metoda výpočtu střední polohy vláken, směrodatné odchylky a intenzity radiální migrace. V lineární variantě ji použili B. Neckář, B. Neckář a A. Kolářová. Zde bude podrobněji vysvětlen koeficient zapředení. Migrační charakteristiky úhlu α,β a γ jsou popsány v kapitole 1.4.1. [1]

Koeficient zapředení

Vlákno o délce l_v je tvořeno složitou křivkou nacházející se uvnitř příze. Kličky smyčky a odstávající konce, které leží vně přízové textilie, neovlivňují vybrané vlastnosti příze (např. pevnost). Zdvojené konce, uzlíky i nepatrné zešikmení vlákna snižují jeho využití v přízi. Vhodnou charakteristikou vlákna může být poměr součtu

$\sum_i \zeta i$ osových průmětů částí ležících ve vnitřní oblasti příze a celkové délky l_v vlákna. J. Kašpárek navrhl zjednodušenou variantu, která vychází jen z obrazu jednoho průmětu, viz obr. 5. [1]



Obr. 5 – Průběh vlákna v přízi – koeficient zapředení, převzato z [1]

Schéma na obrázku vlevo (a) znázorňuje prostorový průběh vlákna v přízi. Vpravo (b) je vykreslen rovinný průběh vlákna v přízi. Za skutečnou délku l_v vlákna je zavedena veličina l_p, popisující jeho průmět. Místo hodnot ζi se zjišťují délky ζp,i, ve kterých leží průměty úseků vlákna uvnitř průmětu („stínu‘‘) příze. J. Kašpárek pojmenoval veličinu K_F koeficientem zapředení. Pro výpočet koeficientu zapředení v rovinném průběhu (2D) platí: [1]

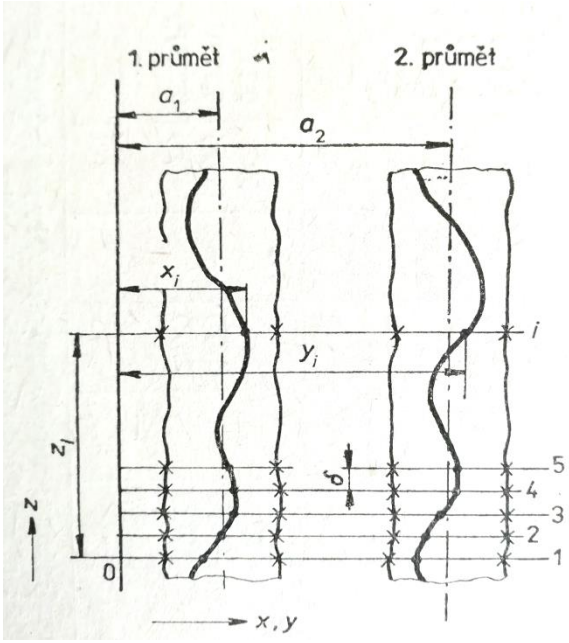
$$K_F = \sum_i \zeta p, i / lp \tag{11}$$

Pro výpočet koeficientu zapředení v prostorovém průběhu (3D) platí vztah:

$$K_F = \sum_i \zeta i / lv \tag{12}$$

Analýza struktury metodou VSOP

Metoda VSOP („Vnitřní struktura Omestem sledované příze‘‘) byla vyvinuta ve Státním výzkumném ústavu textilním. V originální verzi, navržené B. Neckářem, byl sledován pouze radiální průběh zaplnění. B. Neckář a B. Neckář s A. Kovářovou navázali na původní verzi a zdokonalili ji o vyhodnocení směrového uspořádání vláken. Postupně byla prostudována řada klasických a rotorových přízí. Tato metoda využívá značená vlákna, jež jsou snímána ze dvou kolmých průmětů zaznamenávající se na filmový negativ již zmiňovaného přístroje Omest. Vyhodnocení lze provést v případě, že vybrané úseky sledované příze budou obsahovat osamocená vlákna. Shluky vláken skýtají problém v identifikovatelnosti pozorované křivky pouze jednoho vlákna. Různé typy smotků, uzlíků či přeložených konců také nejsou do vyhodnocení zařazeny. [1]



Obr. 6 – Vyhodnocení záznamů z přístroje Omest, převzato z [1]

Filmový negativ se dvěma vzájemně kolmými průměty značeného vlákna je promítán na matnici projekčního zařízení v poloze, v níž průměty leží rovnoběžně s osou z matnice. Kolmice k ose z, jejichž vzdálenost je rovna konstantě δ, symbolizují myšlené příčné řezy přízí. i-tá kolmice protíná první průmět značeného vlákna ve vzdálenosti xi a druhý průmět ve vzdálenosti yi od osy z. Užitím soustavy kolmic je možné tímto způsobem nalézt množinu bodů. Tyto body charakterizují prostorový průběh křivky značeného vlákna v souřadnicovém systému x, y, z matnice. [1]

3 Viskóza

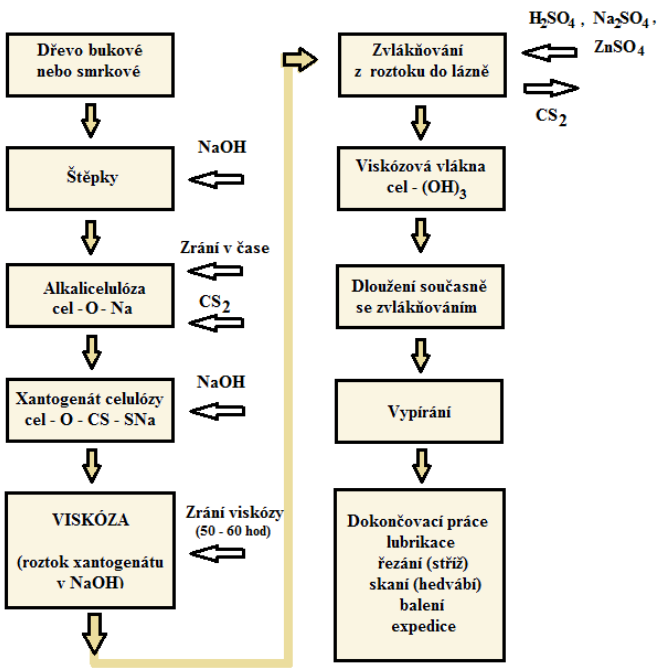
Viskózová vlákna jsou vyráběná na bázi regenerované celulózy a jejich základní surovinou bývá dřevo, bavlna nebo jiná surovina obsahující celulózu. Cílem, proč se tato vlákna vyrábějí, je vnesení nových a zajímavých vlastností do textilií. Zároveň je ale snaha o co největší přiblížení k přírodním materiálům. [14]

3.1 Historie

Způsob rozpouštění celulózy přes vytvoření přechodného derivátu (xantogenát) byl objeven třemi anglickými muži (Cross, Bevan a Beadle) v roce 1892. Výrobou se začala zabývat firma Courtaulds v roce 1904. [16]

3.2 Výroba

Jako surovina je nejčastěji používáno smrkové nebo bukové dřevo. Tyto suroviny se pak převádí na celulózovou drť- štěpy, mletí. Výroba může probíhat buď souvisle, nebo přerušovaně. [16]



Obr. 7 – Schéma výroby viskózových vláken, tvorba autor

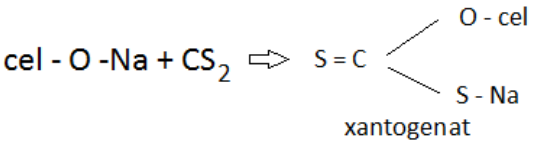
3.2.1 Zrání

Zráním se docílí zkrácení původně dlouhého řetězce celulózy za působení 17% rozotoku hydroxidu sodného (NaOH) při teplotě 20°C po dobu 60 minut. Je možné proces urychlit zvýšením teploty na 70°C. Při tomto procesu vzniká alkalicelulóza. [16]

Obr. 8 – chemický vzorec – alaklicelulóza, převzato z [16]

3.2.2 Xantogenace

Odebráním H_2O ze vzniklé alkalicelulózy a přidáním sirouhlíku CS_2 vznikne žlutooranžová drť xantogenátu. (přechodná esterifikace). Při této operaci dochází ke snižování teploty při teplotě 25°C přibližně 1,5 hodiny. [16]



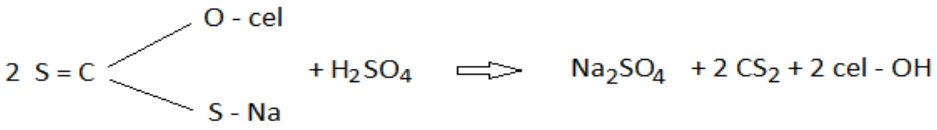
Obr. 9 – Chemický vzorec – xantogenát, převzato z [16]

3.2.3 Rozpouštění

Rozpouštěním xantogenátu ve zředěném roztoku NaOH vzniká **viskóza**. Důležitá je filtrace a odvzdušňování. [16]

3.2.4 Zvlákňování a koagulace

Při tomto procesu je vzniklý ester znovu rozkládán na celulózu a CS_2. [16]



Obr. 10 – Chemický vzorec – rozklad na celulózu a CS_2, převzato z [16]

Viskóza je zvlákňována v roztoku obsahující 12% kyselinu sírovou (H_2SO_4), síran sodný (Na_2SO_4) a síran ziněčnatý ($ZnSO_4$) při 40 - 50°C. Uvnitř vláken se tvoří plyny (CS_2), které difundují ven. Vzniká tak místní přetlak a podtlak, který má za následek tvorbu vlákna s laločnatým průřezem. Jemnost a tvar vláken je dána velikostí a profilem trysek v extruderu. Zároveň se zvlákňováním probíhá i dloužení, které má vliv na orientaci a pevnost vláken. [16]

3.2.5 Vlastnosti

Textilie z viskózy jsou příjemné na nošení, mají chladivý efekt, jsou měkké, splývavé a savé. Netvoří se v nich statická elektřina, která by mohla přitahovat prach. Viskózové materiály méně žmolkují. Viskóza si uchovává téměř ty samé vlastnosti jako pravé hedvábí, ale je finančně dostupnější a nesrovnatelně jednodušší na údržbu. [15]

3.2.6 Použití

Viskóza se používá v textilním průmyslu zejména jako dostupnější náhrada pravého hedvábí. Najdeme ji jak ve tkané, tak v úpletové podobě. Požití pro šatovky, podšívky, spodní prádlo, domácí oblečení a jiné. [15]

4 Barvení viskózových vláken

Pro docílení největšího kontrastu mezi značenými vlákny a vlákny neznačenými ponořenými v imerzní kapalině bylo zapotřebí vybrat nejvhodnější odstín barviva. K dispozici byla vlákna lesklé viskózy, která byla rozdělena na šest stejných svazků volných vláken o hmotnosti 1 gramu. Na každý z těchto svazků připadlo jedno z přímých barviv. [11]

-Saturnová šeď LRN
-Saturnová námořnická šeď LFG
-Saturnová modř L – 3R
-Saturnová violet L-3B
-Saturnová červeň F3B
-Saturnová červeň F4B

Z barviv (každý po 1 gramu) a vody o teplotě 30°C byl vytvořen roztok o objemu 200 ml. Aby se vlákna a připravené barvivo spojila, bylo nutné použít smáčedlo (Alfonal K). 10 gramů tohoto smáčedla připadlo na 0,5 l vody. [11]

Předpis pro barvící lázně:

20 ml Na_2SO_4 . $10H_2O$

10 ml barviva

2,5 ml smáčedla Alfonal K

17,5 ml voda

Poměr lázně 1:50

Celkový objem lázně - 50 ml

Tyto barvící lázně byly použity pro všech šest svazků pokaždé s jiným barvivem. Shluky vláken (1g) byly vloženy do barvící lázně, kde byly po dobu 5 minut za studena míchány. Barvící lázně byly následně vloženy do vodní lázně a zahřívány pozvolna na 85°C, kde přetrvávaly 60 minut. S vlákenným materiálem bylo neustále mícháno pro co nejlepší egalizaci obarvení. Po uplynutí doby barvícího procesu byl materiál vyndán z barvící lázně a následně proběhlo praní pod studenou tekoucí vodou. Když odpíraná voda nejevila žádné známky pozůstatků barviva, byly vzorky materiálu sušeny při teplotě 40°C. [11]

Po usušení byla část vláken z každého svazku ručně zapředena s čistými vlákny lesklé viskózy jako napodobenina příze. Tato příze byla pozorována pod mikroskopem ponořená do imerzní kapaliny. [11]

Obr. 11 – Svazky vláken, výběr barevného odstínu, převzato z [11]

Největší kontrast mezi značenými vlákny a vlákny neobarvenými se projevil v barevném odstínu saturnová šeď LRN. Proto byla zvolena pro další operace.

4.1 Barvení značených vláken

Na základě dobře zvoleného odstínu barviva mohlo být obarveno větší množství vlákenného materiálu (400g), potřebného pro vznik značených vláken v samotné přízi. Pro značená vlákna byla použita lesklá viskózová vlákna Viskocel o jemnosti 1,7 dtex a délce 38 mm. [11]

Barvící proces byl shodný jako u barvení vzorků pro testování vhodného odstínu.

400 gramů vlákenného materiálu bylo barveno v celkovém objemu lázně o 8 litrech. Poměr lázně byl 1:20. V celkovém objemu lázně byly obsaženy tyto přísady: 8 gramů barviva Saturnová šeď LRN – 200%, 8 gramů smáčedla Alfonal K, 8 litrů vody a 160 gramů síranu sodného. [11]

4.2 Zapředení značených viskózových vláken

Vlákna, která byla obarvena dle barvícího předpisu uvedeného výše, byla následně zapředena do přízového tělesa. Přízové těleso obsahovalo 1,5% obarvených značených vláken. Zbytek těles tvořila vlákna neobarvená. [11]

Při větším zastoupení obarvených vláken v přízovém tělese je velmi pravděpodobné, že se jednotlivá značená vlákna budou více překrývat a budou znemožňovat hodnocení trajektorie pouze jednoho vlákna.

Pro zapředení značených vláken byla využita spolupráce s Výzkumným ústavem bavlnářským v Ústí nad Orlicí. Ústav zapředl vlákna dle definovaných požadavků a vypředl tak 3 rotorová přízová tělesa lišící se pouze zákrutovým koeficientem. [11]

Tabulka 2 – Přehled vypředených přízí se značenými vlákny

Přízové těleso	1	2	3
Zákrutový koeficient [ktex2/3 m-1]	50	60	70
Podíl značených vláken [%]	1,5	1,5	1,5

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

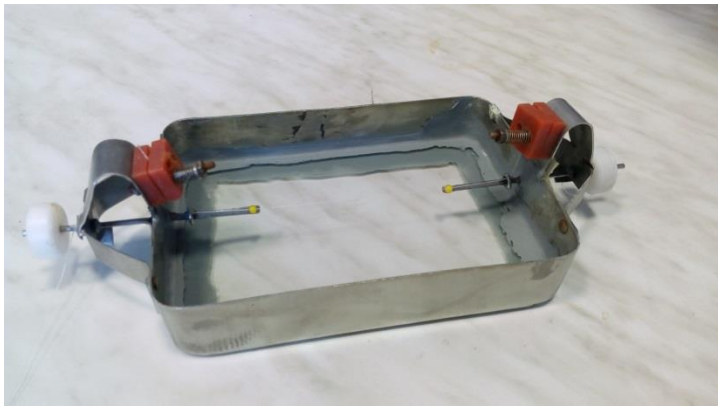
5 Laboratorní přístup

Cílem experimentu je nahradit stávající laboratorní zařízení a dokázat jeho funkčnost. To znamená, že je potřeba vykonat veškeré úkony, které vykonal pan Ing. Kracík ve své diplomové práci. Porovnáním jeho výsledků s mými se dokáže, zda je nový aparát vhodný pro měření metodou značených vláken. Pro měření budou použity stejné příze, jako použil pan Kracík. Z tohoto důvodu nebude provedeno barvení viskózových vláken a jejich následné zapředení do příze. Dále není potřeba testovat vhodnost imerzních kapalin pro zneviditelnění vláken. Nejvhodnější imerzní kapalinou je methylsalicylát, který byl použit při měření na původním zařízení.

5.1 Návrhy a realizace nového aparátu

Stávající laboratorní zařízení, které bylo vytvořeno panem inženýrem Kracíkem, jevilo značné známky opotřebení. Vyskytla se tedy otázka, zda původní aparát zrenovovat nebo vytvořit aparát nový. Na původním zařízení byly objeveny komponenty, které již nepřinášely stejnou funkci, jako když byl aparát nový. V kombinaci několikaletého používání a kontaktem s imerzní kapalinou (methylsalycilát) došlo také k narušení těsnícího tmelu, kterým se kapalina dostávala ven. To mohlo mít vliv na celé měření a laboratorní techniku.

Nejlepším řešením bylo zrealizovat nové zařízení pro snímání a hodnocení značených vláken v přízi.



Obr. 12 - Původní aparát pana ing. Kracíka, foto autor

5.1.1 Požadavky kladené na nový aparát

- Odolnost materiálů vůči imerzní kapalině
- Zabránění úniku imerzní kapaliny do okolí (dráždivé účinky)
- Jednoduchá obsluha a navádění příze aparátem
- Nejmenší možné rozměry aparátu kompatibilní s posuvným stolkem mikroskopu
- Jednoduchý design (co nejméně komponentů, které by časem nesplňovaly svou funkci)
- Možnost využití spodního a horního osvitu příze
- Zajištění stálé napřímenosti příze
- Snímání ze dvou kolmých pohledů o 90°(zajištěno otáčením celého aparátu i s přízí.

Na základě těchto požadavků byl vytvořen malý skleněný hranol. Hranol je dutý a tloušťka jeho stěn je 0,7 mm (laboratorní sklo) spojená sklenářským lepidlem odolným vůči námi použité imerzní kapalině. Celkové rozměry zařízení jsou 10 x 10 x 120 [mm]. Čela hranolu tvoří zesílené vsazené skleněné čtverce s kruhovým otvorem pro těsnící silikonové zátky. Středem silikonových zátek je jehlou naváděna příze. Po navedení příze se do aparátu vlije imerzní kapalina a s co nejmenší možnou vzduchovou bublinou se zařízení uzavře.

5.1.2 První návrhy nového zařízení

Hlavní charakteristikou nového zařízení bylo zjednodušení aparátu, a pokud možno zdokonalení jeho vlastností a funkčností.

Hlavní myšlenka se odvíjela od návrhu zařízení, které by bylo uzavřené (vodotěsné), aby nedocházelo k úniku kapaliny do okolí. Předchozí aparát byl otevřený z horního pohledu, jednalo se o vaničku. Imerzní kapalina se vlévala ze shora. Kapalinu bylo možné dolévat přímo při měření, ale docházelo ke kontaktu s imerzní kapalinou po celou dobu měření. To mohlo vyvolávat pálení očí, dýchací obtíže nebo bolest hlavy.

Návrh uzavřeného zařízení kontakt s kapalinou omezoval na minimum, ale také přinesl další technické problémy, které byly zapotřebí vyřešit.

Prvotním nápadem byla klasická plastová láhev transparentní barvy. Láhev je vodotěsná uzavíratelná víčkem se závitem na jedné straně. Pro protažení příze by byla zapotřebí odnímatelná víčka na obou stranách.

Obr. 13 – Prvotní idea vycházející z PET láhve, foto autor

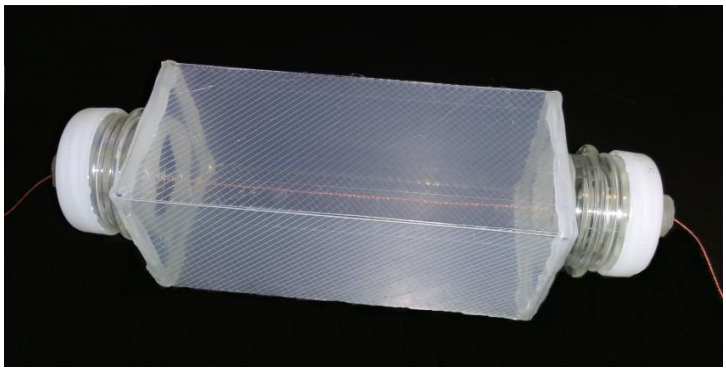
Materiál láhve by zjevně nevydržel dlouhodobý kontakt s imerzní kapalinou, proto se už od začátku pracovalo s myšlenkou, že aparát bude celý ze skla.

Dalším faktorem, který by mohl značně ovlivnit měření, byl válcovitý tvar. Pokud by se nechal vyrobit skleněný dutý uzavřený válec, při osvitu příze by se světlo rozptýlilo na oblé ploše válce a nedošlo by k řádnému prosvícení příze.

Z tohoto důvodu byl navržen dutý kvádr s čelními uzávěry pro navádění příze.

Na tomto plastovém modelu jsou vidět dva čelní uzávěry závitového charakteru. Tyto uzávěry byly nahrazeny pouze čelními otvory z důvodu nemožné realizace závitů ze skla o menších rozměrech. Nevýhodou šroubovacích závitů bylo otáčení přízí při uzavírání aparátu. To mohlo vést ke změně zákrutu příze a nepříznivě ovlivnit měření.

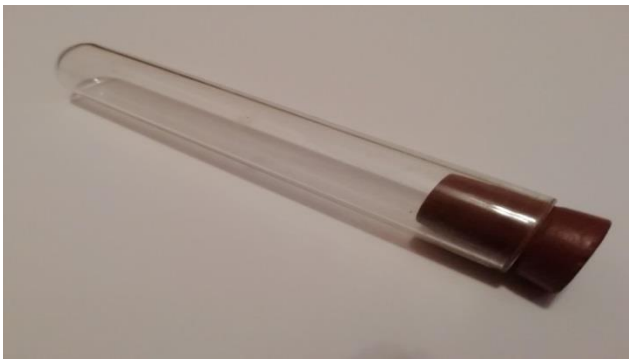
Z těchto důvodů bylo od závitových uzávěrů upuštěno.



Obr. 14 - Plastový model aparátu – kvádr, foto autor

Původní aparát byl větších rozměrů, tak i tento model byl navržen s ohledem na tyto míry. Postupně byl ale návrh minimalizován a to sebou neslo určité výhody.

Aparát byl zmenšen na velikost laboratorní zkumavky. Bohužel laboratorní zkumavka se nedala použít jako zařízení, kvůli již zmiňovanému rozptýlení světla na povrchu zkumavky. Byl tedy vytvořen návrh skleněného hranolu menších rozměrů.



Obr. 15 - Laboratorní zkumavka, foto autor

Konečný návrh funkčního aparátu byl vytvořen ve dvou variantách a u dvou různých výrobců.

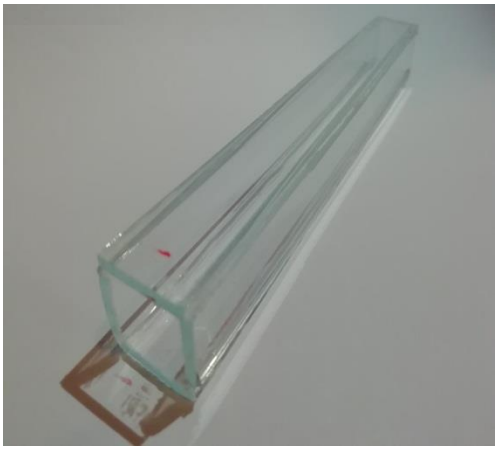
5.1.3 První vytvořený aparát ze skla

První aparát byl vyroben panem Banýrem v jeho soukromé firmě sklenářství Banýr ve Veselé u Mnichova Hradiště. Pan Banýr se věnuje zasklívání oken a výrobou akvárií. Díky jeho ochotě a pochopení návrhu vznikl prvotní aparát připravený k testování.

Obr. 16 - Nákres aparátu bez bočních stěn se silikonovými zátkami, nákres autor

Na původním návrhu nového zařízení byly skleněné čelní stěny s otvory pro zátku. Bohužel Pan sklenář neměl dostačující vybavení a technologie, které by mu umožnily vytvořit čelní stěny aparátu o tak malých rozměrech.

Byl tedy vyroben skleněný dutý hranol bez čelních stěn s tloušťkou skla 2 mm. Vnější rozměry celého zařízení jsou 15 x15 x120 [mm].



Obr. 17 - Skleněný aparát bez bočních stěn – Sklenářství Banýr, foto autor

Postup výroby:

Z připraveného skla o tloušťce 2 mm byly nařezány jednotlivé stěny aparátu tvaru obdélníku. Délka dvou protějších stěn je 120 mm a výška 15 mm. Stěny na ně kolmé jsou dlouhé rovněž 120 mm, ale jejich výška je 11 mm (jsou vsazeny do stěn o výšce 15 mm, pro zachování čtvercového průřezu aparátu). Jednotlivé stěny aparátu byly k sobě postupně slepovány pod úhlem 90° pomocí odolného akvarijního lepidla. Výroba tohoto aparátu byla spíše pokusem a tak i jednotlivé stěny nebyly dokonale slepeny v pravém úhlu. Nicméně byl aparát vhodný k měření a testování jeho samého.

Vzhledem k čtvercovému tvaru v bokorysu byly přizpůsobeny i zátky ze silikonového materiálu. Původně kuželovitá zátka byla ořezána do tvaru čtyřbokého komolého hranolu, který se snadno vtlačuje do aparátu. Tento tvar zátky zaručuje přesné vyplnění nedostatků vzniklé nedokonalým lepením stěn.

Příprava aparátu pro měření

1. Pomocí přiložených kombinovaných kleští uchopíme jehlu, ve které je navedena příze.
2. Jehlu s přízí protáhneme středem silikonové zátky ve směru od širší části.
3. Zátkou vytáhneme delší kus příze tak, aby délka příze stačila na projití skleněným aparátem a druhou zátkou
4. Protáhneme jehlu s přízí skrz aparát
5. Následně propíchneme druhou zátku ve směru od užší části a protáhneme jehlu s přízí.
6. Jednu stranu aparátu uzavřeme zátkou, kterou prochází příze.
7. Z druhé neuzavřené strany kapátkem nebo pipetou vlijeme methylsalycilát.
8. Aparát uzavřeme druhou zátkou.
9. Protaženou přízi napneme
10. Aparát otřeme do sucha (únik kapaliny při tlaku tvořeného vniknutím zátky)

Všechny úkony provádíme se zvýšenou opatrností. Vlivem tahu a tření příze při průchodu silikonovými zátkami může docházet k přetrhu příze.

Dále je zapotřebí vyvarovat se dlouhodobému kontaktu s imerzní kapalinou (methylsalycilátem). Důkladně si omýt ruce a vše co přišlo s kapalinou do kontaktu.

Methylsalycilát je špatně rozpustný ve vodě a má velmi silný aromatický zápach, proto je výhodnější vše utírat papírovými utěrkami a následně je vyhodit.

5.1.4 Výběr těsnící zátky

K takto vyhotovenému zařízení bylo zapotřebí speciálně vytvořit zátky odpovídající čtvercovému otvoru na koncích aparátu, které by odolávaly kontaktu s imerzní kapalinou.

První testovanou zátkou byla zátka korková, zakoupená v domácích potřebách. Zátka byla následně upravena do požadovaného tvaru a velikosti, aby perfektně těsnila a nepropouštěla kapalinu.

Zátka upevněná již do nového aparátu byla testována po dobu několika minut v kontaktu s imerzní kapalinou. Již po pár minutách začala póry korkové zátky prosakovat kapalina z aparátu. Korková zátka tak vyšla jako nevyhovující pro další postupy měření.

Obr. 18 - Korková aglomerovaná zátka, foto autor

Dalším možným materiálem byl plast. Ten ale není dostatečně pružný a odolný vůči kapalině, proto nebyl ani testován.

Důležitou vlastností těsnící a naváděcí zátky byla pružnost, odolnost vůči kapalině a dostatečná utěsňovací schopnost.

Tyto vlastnosti splňoval silikon. Pružnost byla důležitá pro opakované vkládání a vyjímání silikonové zátky z těla aparátu. Dále pro průtah příze při měření, aby nedocházelo k úniku kapaliny mezi přízí a otvorem, kterým je příze protahována.

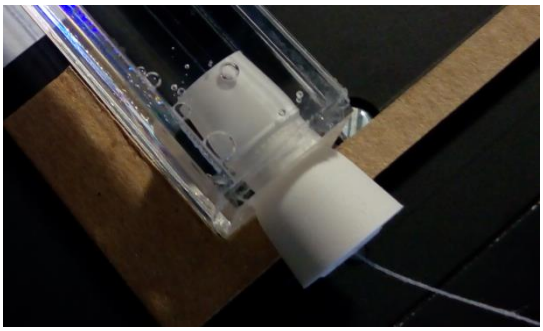
Většina silikonů je odolná vůči chemikáliím, takže ani imerzní kapalina nenarušila strukturu zátky.

Zátka má kónický tvar, je tedy dobře přizpůsobitelná otvoru aparátu. Stabilita zátek v otvoru je podpořena podtlakem, který vznikne při uzavření kapaliny v aparátu.

Obr. 19 - Silikonová zátka – ručně upravený tvar, foto autor

Ačkoliv je zátka na obrázku seříznuta nedokonale (původně zátka kruhového průřezu), splňovala podmínky pro měření. Dále však byla hledána varianta, která by splňovala i estetické vlastnosti aparátu.

Teprve po výrobě druhého aparátu s čelními stěnami s kruhovým otvorem se dala použít silikonová zátka s kruhovým průřezem. Ta se již nemusela nijak upravovat a splnila tak hledisko estetiky oproti ručně řezané zátce.



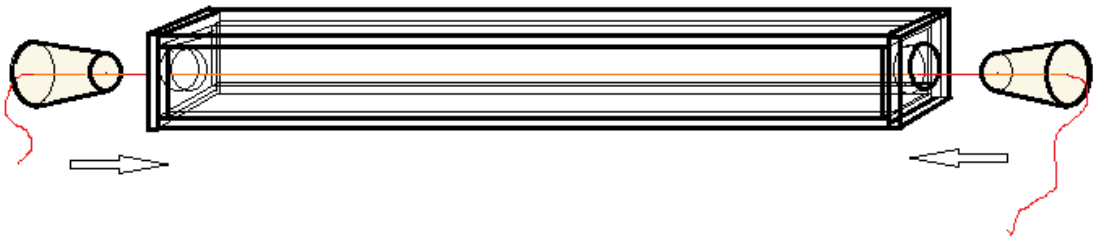
Obr. 20 - Silikonová zátka, hermeticky těsnící, foto autor

Silikonové těsnící zátky byly objednány z firmy BDL Czech Republic s.r.o. Rozměry: Spodní průměr 8,0 mm

Horní průměr 12,0 mm

5.1.5 Druhý vyrobený aparát ze skla (použit pro měření)

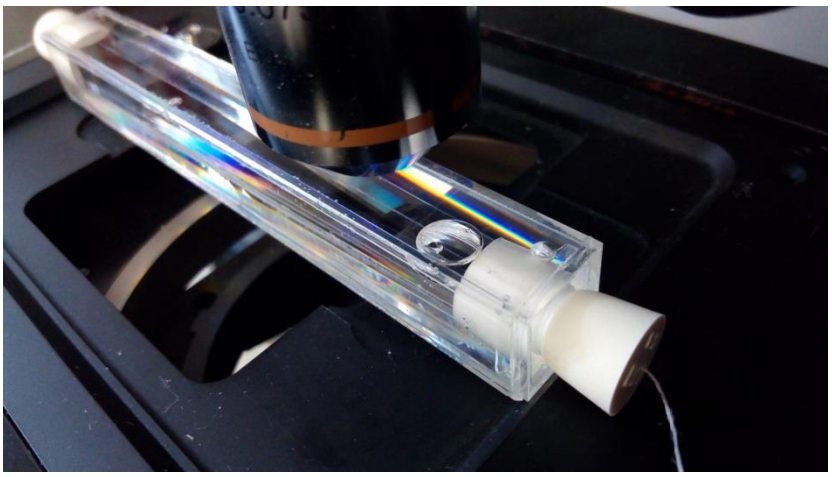
Druhý typ zařízení byl vyroben firmou PeTra Turnov zabývající se výrobou optiky a opracováním skla. Na výrobu aparátu bylo použito křemenné sklo, jež dosahuje kvality potřebné právě pro snímání obrazu nebo měření optických vlastností média.



Obr. 21 - Nákres aparátu s bočními stěnami se silikonovými zátkami, nákres autor

I když to nebyl snadný úkol, tato firma se ho zhostila výborně. Aparát je čistě lepen a je doplněn právě o zmiňované čelní stěny s kruhovým otvorem pro silikonové zátky.

Tento aparát plně splňuje podmínky pro měření se zachováním jeho estetických vlastností.



Obr. 22 - Aparát od firmy PeTra Turnov, foto autor

Postup výroby:

Z desky křemenného skla o tloušťce 1,7 mm byly nařezány jednotlivé stěny aparátu tvaru obdélníku. Délka stěn je 125 mm a výška 15 cm. Jednotlivé stěny aparátu byly k sobě postupně slepovány pod úhlem 90°.

Vnější rozměry celého aparátu jsou 125 x 15 x 15 [mm].

Do bočních stran aparátu bylo vsazeno dvojité sklo ve tvaru čtverce. Jedna polovina čelní stěny byla vsazena zevnitř kolmo k bočním stěnám aparátu. Druhá část skleněného čela byla nalepena na čelo mezi stěnami přesahující přes kolmé řezy stěn aparátu.

Skrz čelní stěny byl následně vyvrtán otvor o průměru 8 mm diamantovým korunkovým vrtákem.

Díky kruhovému otvoru se silikonové zátky nemusí nijak upravovat.

Příprava aparátu pro měření

1. Pomocí přiložených kombinovaných kleští uchopíme jehlu, ve které je navedena příze.
2. Jehlu s přízí protáhneme středem silikonové zátky ve směru od širší části.
3. Zátkou vytáhneme delší kus příze tak, aby délka příze stačila na projití skleněným aparátem a druhou zátkou
4. Protáhneme jehlu s přízí skrz aparát
5. Následně propíchneme druhou zátku ve směru od užší části a protáhneme jehlu s přízí.
6. Jednu stranu aparátu uzavřeme zátkou, kterou prochází příze.
7. Z druhé neuzavřené strany kapátkem nebo pipetou vlijeme methylsalycilát.
8. Aparát uzavřeme druhou zátkou.

- *Kvůli bočním stěnám aparátu dochází ke vzniku bubliny v rozích. Tu odstraníme pomocí přiložené duté jehly, která nám při uzavírání aparátu poslouží jako ventil.*
- *Před tím, než aparát uzavřeme, vložíme špičku duté jehly mezi silikonovou zátku a otvor až k vytvořené bublině. Při uzavírání se*

vzduchová bublina vytlačí ventilem. Po uzavření zátkou dutou jehlu vytáhneme.

9. Protaženou přízi napneme
10. Aparát otřeme do sucha (únik kapaliny při tlaku tvořeného vniknutím zátky)

Všechny úkony provádíme se zvýšenou opatrností. Vlivem tahu a tření příze při průchodu silikonovými zátkami může docházet k přetrhu příze.

Dále je zapotřebí vyvarovat se dlouhodobému kontaktu s imerzní kapalinou (methylsalycilátem). Důkladně si omýt ruce a vše co přišlo s kapalinou do kontaktu.

Methylsalycilát je špatně rozpustný ve vodě a má velmi silný aromatický zápach, proto je výhodnější vše utírat papírovými utěrkami a následně je vyhodit.

5.1.6 Výroba ochranného obalu pro zařízení

Každý přístroj, který je křehký nebo finančně nákladný, by měl být bezpečně uložen, aby jeho životnost trvala co nejdéle.

Aparát a všechny jeho příslušné komponenty jsou vsazeny do černého molitanu nadlepeného hladkou počesanou pleteninou. Všechny otvory byly řezány paspartovacím nožem tak, aby komponenty při manipulaci s obalem nevypadávaly.

Molitan je pak vsazen do kovové krabice s víkem. Přes skleněný aparát je vkládán další kus molitanu, aby byl chráněn i ze shora.

Obr. 23 - Kovový ochranný obal aparátu, foto autor

Ochranný obal obsahuje

- 2 skleněné aparáty s bočnicemi s kruhovým otvorem
- 4 silikonové zátky
- Kleště pro navádění příze jehlou skrz zátky
- Krabičku, která obsahuje naváděcí jehlu a dutou jehlu pro odstranění vzduchové bubliny
- Přiložen je i bílý kus kartonu, kterým se podkládá přístroj při snímání (kvůli odrazu světla)

5.1.7 Podkladový papír a osvit

Podkladový papír

Pro efektivní pozorování značeného vlákna v přízi je nutné dostatečné prosvícení příze v imerzní kapalině.

Za použití podkladového papíru docílíme velmi dobrého kontrastu mezi přízí a okolím, respektive vláknem a přízí. Jakákoliv barva podkladového materiálu byla vhodná, nejvíce se však osvědčila barva bílá. Důležitý byl také povrch podkladu, nejvíce vyhovující byla klasická bílá čtvrtka, která je na povrchu matná a neodráží světlo zpět.

Horní a spodní osvit příze

Pro naše měření byl zvolen horní osvit. Pod mikroskopem byl vidět větší kontrast mezi značeným vláknem a tělem příze než se spodním osvitem.

6 Ovlivňující faktory měření

- Stáří přízí
- Uskladnění
- Vlhkost
- Jiné laboratorní zařízení
- Jiná manipulace
- Jiný úsek příze
- Jiná trajektorie vláken
- Více smyček a dvojitých konců

Použité příze byly uskladněny po dobu několika let od doby, kdy byly použity panem Kracíkem. Rotorová přízová tělesa byla v relativně suchém prostředí, avšak mohla se na nich podepsat vlhkost vzduchu v místě uskladnění.

Dalším ovlivňujícím faktorem měření bylo použití nového laboratorního zařízení s odlišnými technickými vlastnostmi. To hluboce souvisí i s manipulací příze vně i při průchodu aparátem.

Jednotlivý výběr vláken záleží pouze na lidském faktoru. Při pozorování příze pod mikroskopem je jasné, že jednotlivé úseky příze a trajektorie vláken nebudou nikdy totožné s předchozími. Výsledné hodnoty měření jsou nemalou měrou ovlivněny výběrem vláken s větším množstvím háčků, smyček a kliček.

6.1 Průtah příze aparátem a jeho vliv na měření

Při průchodu příze silikonovými zátkami skrze aparát dochází ke tření. To může mít za následek zkreslené hodnocení a výsledky zkoumaných přízí a vláken.

Obecně třecí sílu počítáme ze vztahu, který se také někdy označuje jako Amontonův-Coulombův. $F_t[N]$ je síla působící proti směru pohybu smýkaného tělesa (třecí síla). Hodnota součinitele smykového tření f [-] se určuje měřením a liší se pro různé látky i různé druhy styčných ploch. $F_n[N]$ je pak kolmá přítlačná síla. Pro zjištění třecí síly mezi přízí a silikonovými zátkami by měl být tento vztah dále modifikován. Předmětem této kapitoly není však výsledná hodnota tření, proto je zde zaveden pouze obecný vztah smykového tření. [17]

$$F_t = fF_n \tag{13}$$

Pro zhodnocení jak moc toto tření ovlivňuje přízi procházející zařízením, byl použit skript „Skana_podelny.m‘‘ v programovém prostředí MatLab. Postup získávání obrazů podélných pohledů jednoduché a skané příze v prostředí obrazové analýzy je dán interní normou [8].

Princip skriptu

Před zpracováním obrazu pro definování chlupatosti je nutné stanovit následující předpoklady:

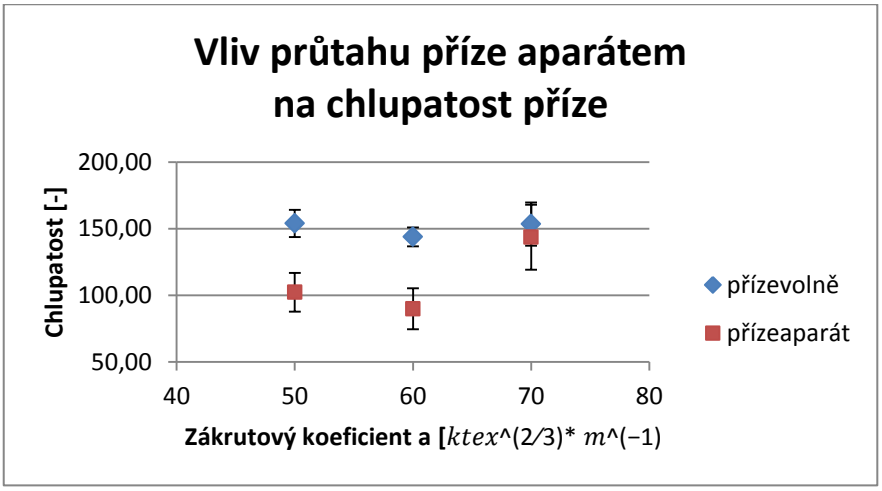
- Křížení vláken vystupujících z těla příze se zanedbává (místo křížení je do délky vláken započítáváno pouze 1x).
- Vlákna vystupující z těla příze, a jsou tělem zastíněny, nejsou do celkové chlupatosti započítávána.

Chlupatost je zde definována jako celkový počet pixelů tvořících vlákna vystupující z těla příze (chlupy) vztažený na délku zkoumané příze v pixelech, tj. přibližně 2,5mm (závisí na kalibraci obrazu).

Postup zpracování obrazu

- Obrazy byly nejprve otočeny o 90°
- Barevný obraz je zpracován viz interní norma [číslo].
- Po řadě morfologických operací je získán binární obraz těla příze.
- Nyní je nutno znovuzískat celkový binární obraz a následně binární obraz pouze vláken vystupujících z těla příze (chlupů). Je využito funkce aritmetické operace s obrazy – absolutní diference.
- Následně jsou aplikovány morfologické operace pro získání jedno -pixelových chlupů.
- Výpočet chlupatosti pro každý obraz.
- Vyšetřování homogenity a normality souboru dat chlupatosti.
- Výpočet střední hodnoty, směrodatné odchylky, variačního koeficientu a 95%-ního intervalu spolehlivosti za předpokladu normálního rozdělení dat.
- Chlupatost je orientačně přepočítána na 1cm délky příze. Je přepočítán i 95%-ní interval spolehlivosti.
- Data jsou exportována do Excelu spolu s informacemi o průměru jednoduché či skané příze.

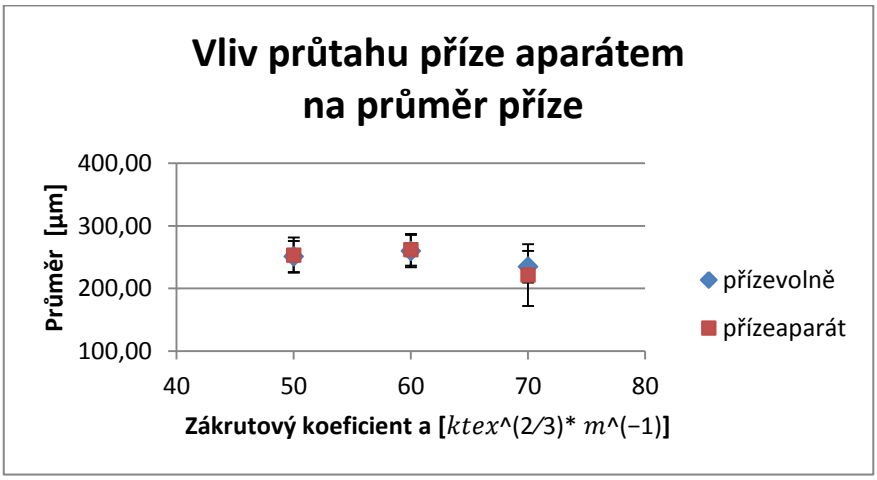
Z výsledných dat byly konstruovány grafy týkající se chlupatosti a průměru příze.



Obr. 24 – Vliv průtahu příze aparátem na chlupatost příze

Obr. 24 znázorňuje vliv průtahu příze aparátem na chlupatost příze. Jednotlivé hodnoty jsou doplněny o 95% intervaly spolehlivosti. Z grafu vyplývají poměrně velké rozdíly mezi přízí snímanou ve volném stavu a přízí uvnitř aparátu. Lze soudit, že průtah má značný vliv na změny v chlupatosti příze. Na samotné značené vlákno však vliv nemá, mělo by pouze v případě, že by vlákno leželo na hranici těla příze.

Závěr: Chlupatost na hodnocení značených vláken v přízi nemá vliv.



Obr. 25 – Vliv průtahu příze aparátem na průměr příze

Vliv průtahu příze aparátem na průměr příze je znázorněn na obr. 25. Hodnoty průměru příze pro přízi zkoumanou mimo aparát i v něm se velmi přibližují. Rozdíly těchto hodnot jsou nevýznamné. Výsledné hodnoty jsou pro kontrolu doplněny o intervaly spolehlivosti. Ačkoliv by se mohlo zdát, že příze je vlivem tření velmi napínána, na výsledný průměr příze nemá průtah téměř žádný vliv. Zanedbatelné změny průměru příze nemají vliv ani na značené vlákno. Vlákno není podstatně protaženo ve směru osy příze a je zachován průběh jeho trajektorie.

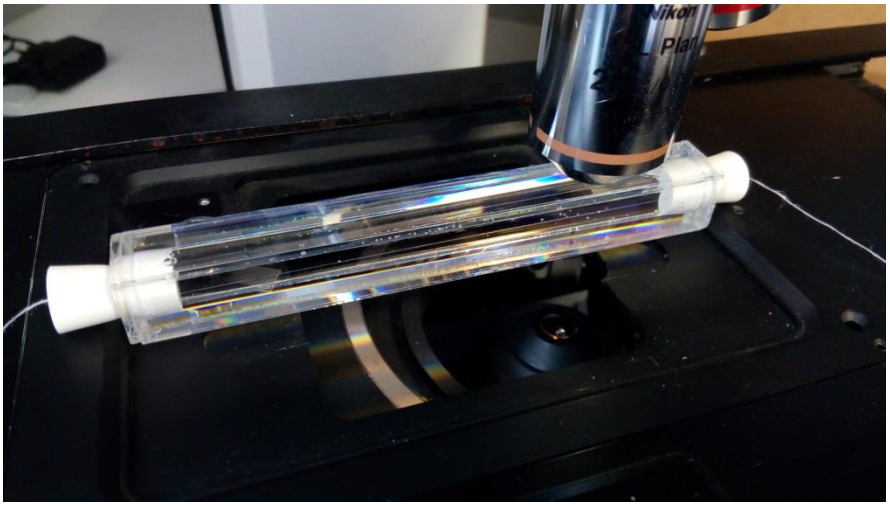
Závěr: Průtah příze aparátem nemá vliv na průměr příze a měření samotné.

7 Pozorování vnitřní struktury příze - metodou značených vláken

Díky této metodice můžeme snáze postupovat při měření a pozorování značených vláken v přízi. Následně jsme schopni naměřená data vyhodnotit a vyvodit z nich závěry. Pozorování, snímání a zkoumání značených vláken nám umožňuje software obrazová analýza NIS Elements. Pro vyhodnocení získaných dat použijeme programovací prostředí MatLab.

7.1 Snímání obrazů podélných pohledů příze se značenými vlákny v programu NIS Elements

Abychom mohli měřit, nejprve si musíme připravit aparát s přízí se zapředenými značenými vlákny. Příprava zařízení, která se týká druhého vyrobeného aparátu, byla popsána na straně 47. S tímto aparátem budeme nadále pracovat. První aparát sloužil pro test pozorování a snímání.

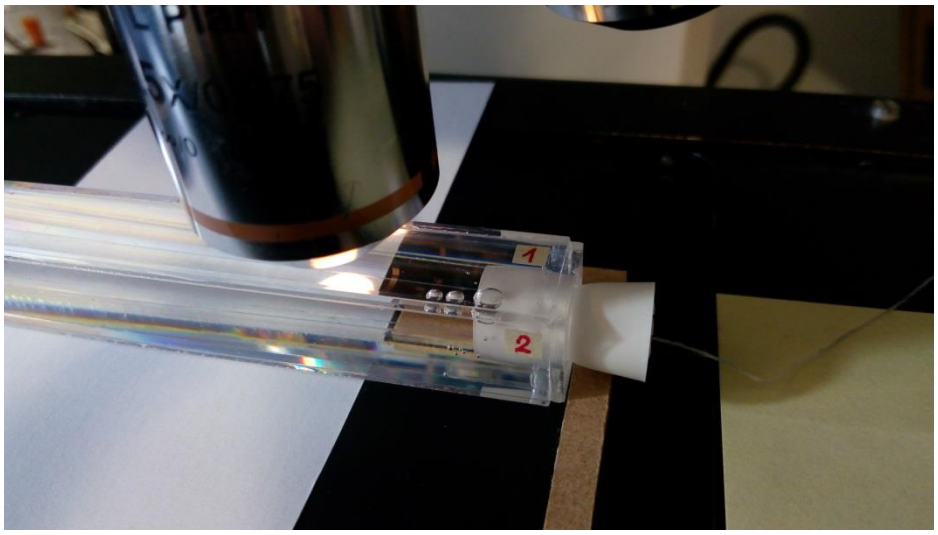


Obr. 26 - Zvolený typ zařízení pro další postupy měření, foto autor

7.1.1 Následující kroky měření

Označení stran

Pro správné snímání obrazů podélných pohledů příze byla na aparátu označena strana 1 a strana 2, viditelná na obrázku.



Obr. 27 - Označení stran aparátu pro 2 na sebe kolmé pohledy, foto autor

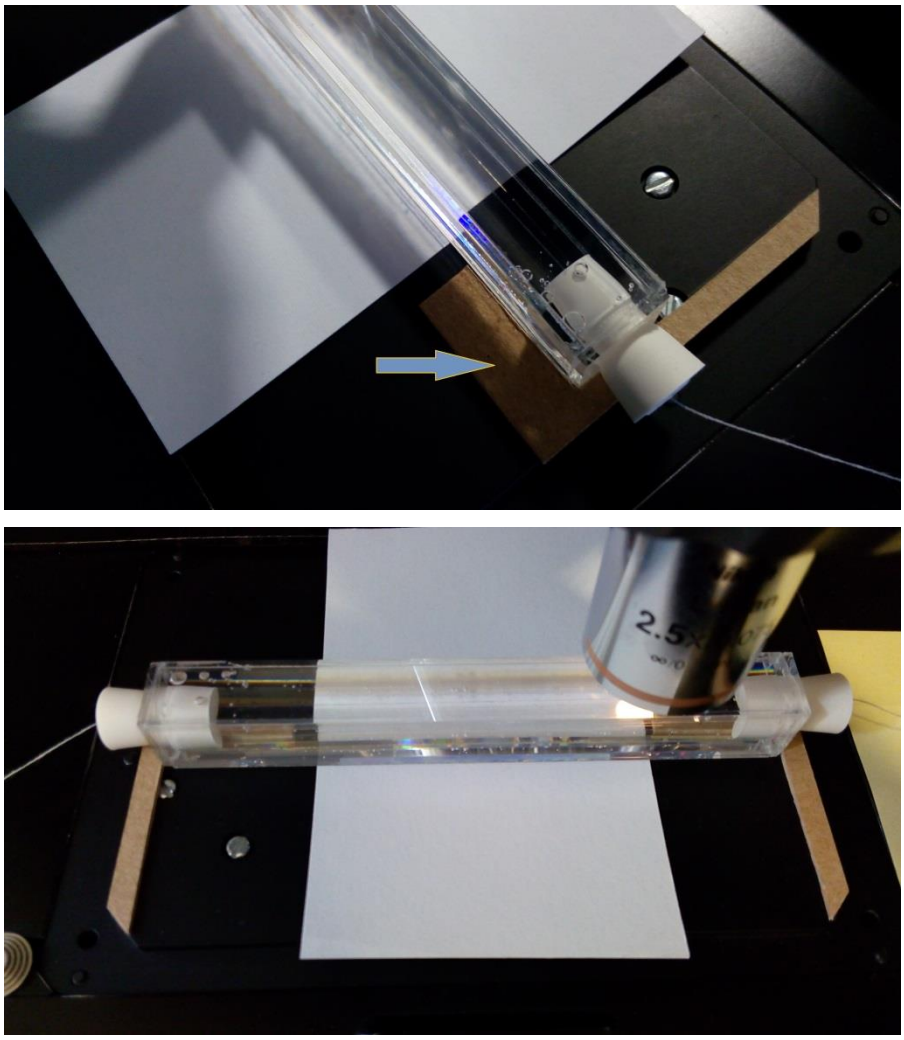
Toto označení pomáhá v orientaci snímání vždy jednoho podélného pohledu a pohledu na něj kolmý. Kdyby bylo prováděno otáčení aparátu pouze jedním směrem, docházelo by ke snímání značených vláken ze čtyř různých stran. To by mohlo vést k dezorientaci snímaného vlákna a následným potížím při jeho vyhodnocování.

Uchycení vodících lišt aparátu

Na motorizovaný stolek mikroskopu byly nalepeny vodící lišty pro přesné vedení zařízení. Vodící lišty jsou vyřezány z kartonu o tloušťce cca 1 milimetr.

Úkolem vodících lišt je vedení aparátu, který musí vykonávat posuvný a otočný pohyb těsně pod objektivem mikroskopu.

Lišty jsou navrženy tak, aby byly stabilní vůči nepatrným tlakům, které způsobuje pohyb aparátu. Zároveň musí být lišta tak tenká, aby nezabraňovala pohybu silikonových zátek, které jsou nad ní.



Obr. 28 - Vodící lišty, foto autor

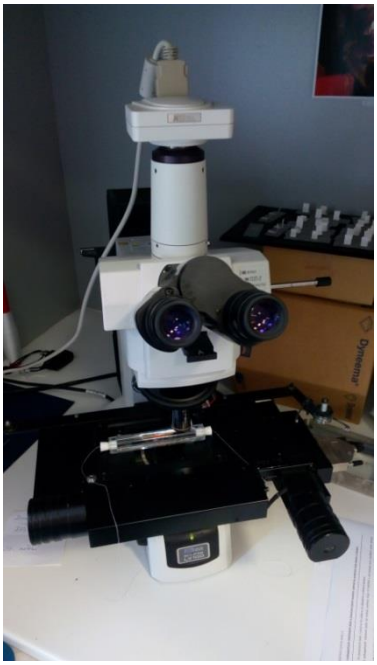
Lišty jsou k desce motorizovaného stolku uchyceny za pomocí oboustranně lepicí pásky, která jde odstranit, pro případ jiného využití stolku.

Na těchto snímcích je také vidět podkladový papír, který je z čistého bílého papíru. Papír je podložen pod aparátem v místě, kde probíhá snímání obrazů.

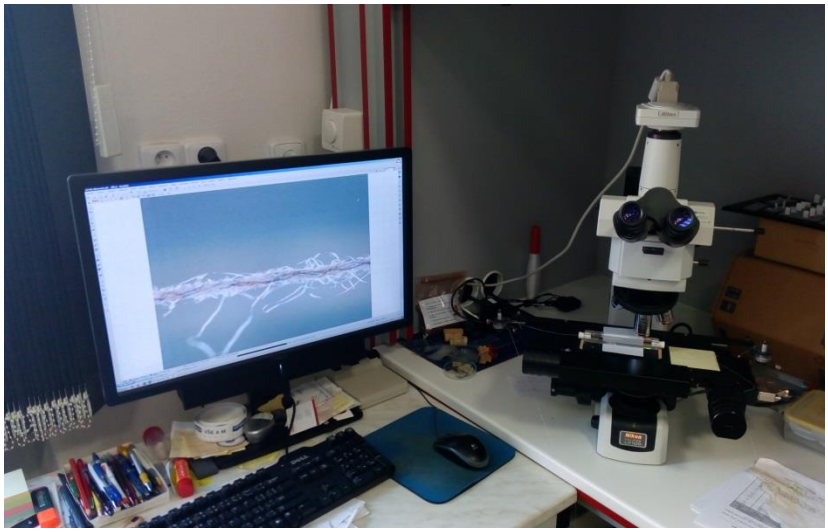
Mikroskop

Jednotlivá snímání obrazů bylo prováděno pomocí mikroskopu značky Nikon. Mikroskop je vybaven kamerou, která nasnímané obrazy podélných pohledů příze přenáší přímo do software obrazové analýzy NIS Elements.

Objektiv: zvětšení 2.5 x (musí být také nastaveno v programu)



Obr. 30 - Mikroskop Nikon Eclipse LV100, foto autor



Obr. 31 - Mikroskop Nikon Eclipse LV100 a obrazová analýza NIS Elements, autor

Postup snímání obrazů

Před samotným snímáním obrazů musíme nejprve uvést do chodu potřebnou laboratorní techniku, na které bude prováděno měření.

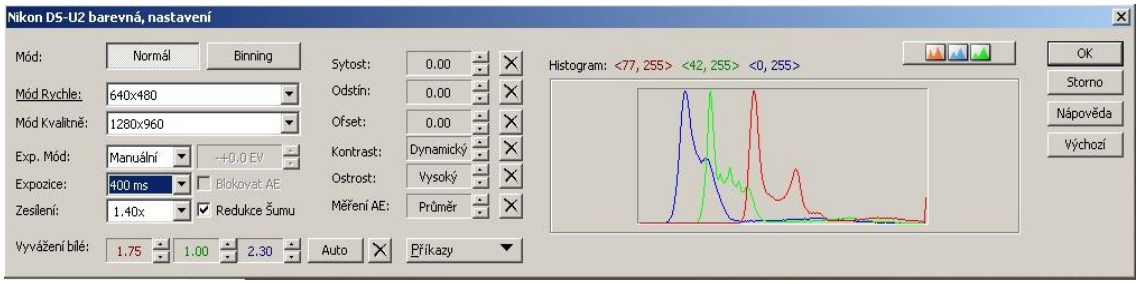
1. Zapnutí počítače (+ monitor)
2. Zapnutí mikroskopu
3. Zapnutí kamery na mikroskopu a motorizovaného stolku
4. Otevření software obrazové analýzy NIS Elements

Následuje vložení aparátu s navedenou přízí do vodících lišt na motorizovaném stolku. Příze vně aparátu je protažena brzdičkami a vodícími očky, aby příze byla stále napnutá a lépe se s ní manipulovalo.

Poté byl zapnut horní osvit mikroskopu a pomocí hrubého a jemného doostřování byla příze zaostřena.

Pomocí přepínače na mikroskopu lze přepínat mezi náhledem v mikroskopu nebo na monitoru počítače. Jednotlivá značená vlákna je výhodnější hledat a pozorovat přímo v mikroskopu. Při snímání obrazů je naopak lepší přepnout na náhled v počítači.

Nastavení kamery



Obr. 32 - Nastavení kamery Nikon Digital Sight DS, prtsc autor

Nastavení kamery se liší dle měřeného produktu, nastavení mikroskopu a dalšího měřícího procesu tak, aby výsledek nasnímaného obrazu byl použitelný pro další kroky měření. Obvykle je používáno automatické vyvážení bílé.

Před snímáním jednotlivých obrazů jsme použili funkci pro inicializaci stolku. Motorizovaný stolek se pohyboval v souřadnicovém systému x a y a po skončení se vrátil do původní polohy.

Po nastavení všech parametrů následovalo snímání jednotlivých obrazů obsahující značená vlákna.

Značené vlákno bylo snímáno funkcí Sekvence (automatické snímání). Motorizovaný stolek vždy uvedl aparát na požadovanou pozici, kde snímání začínalo.

Snímán byl pouze určitý úsek příze (cca 5 cm). Ten byl zvolen na základě našeho výběru jednoho značeného vlákna, které bylo dobře rozeznatelné od ostatních vláken a okolí. Motorizovaný stolek vykonával posuvný pohyb zleva doprava, úsek příze byl tedy skenován zprava doleva automatickým snímáním ve 25 krocích.

Po nasnímání dvou na sebe kolmých obrazů z obou stran s označením 1 a 2 (pootočen o 90°), se jednotlivé snímky upravily.

Vlivem ručního navádění příze aparátem a silikonovými zátkami docházelo k nepatrným odchylkám příze od osy snímání. Následkem byl nasnímaný obraz příze, která nebyla ve vodorovné linii. Tento nedostatek se dal velice snadno vyřešit ručním pootočením kamery na mikroskopu. Drobné výchylky byly upraveny pomocí nástroje „definovat novou horizontálu‘‘.

Takto srovnaná příze se značeným vláknem byla následně oříznuta a uložena ve formátu *.jp2. Tento formát umožňuje zachovat informaci o kalibraci obrazu. Obraz 1 bude ukládán jako prize01_1 až prize01_n, kde číslo 01 značí první pohled a n počet vláken. Obraz 2 bude ukládán jako prize02_1 až prize02_n, kde číslo 02 označuje druhý pohled, který je pootočen o 90°.

Všechny soubory, obrazy a data je důležité ukládat do jednoho adresáře s vytvořenými makry. Vytvořená makra si sami vyhledají a přiřadí druhý pohled značeného vlákna k prvnímu. Proto je velmi důležité mít vše správně uložené a pojmenované.

7.2 Zpracování obrazů pomocí software obrazové analýzy NIS Elements

Obrazy vzniklé za použití mikroskopu a automatického snímání systémem obrazové analýzy byly dále zpracovány pomocí předem vytvořených maker dle normy [9].

Každý z jednotlivých obrazů byl ručně oříznut. Pro další postupy zpracování je zapotřebí, aby oba pohledy měly stejnou velikost. Toho docílíme pomocí vytvořeného makra „UpravaVelikostiObr.mac‘‘.

7.2.1 Práce s makrem pro úpravu velikosti obrazů

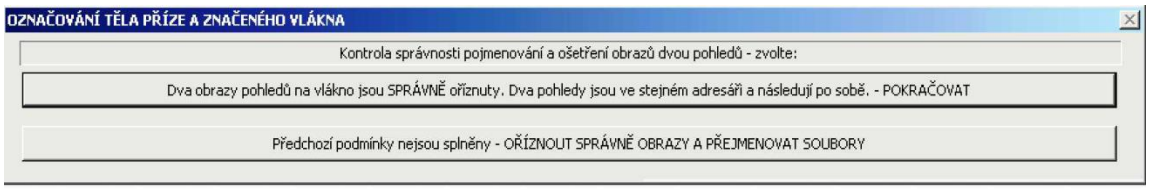
- Spuštění makra.
- Výběr prvního pohledu na vlákno ze složky uložených obrazů.
- Po vybrání prvního pohledu se zobrazí okno s úpravou velikosti na 25% původní velikosti obrazu při zachování poměru stran, který je nutné potvrdit.
- Výběr druhého pohledu značeného vlákna, kde je opět provedeno potvrzení úpravy velikosti na 25% původní velikosti při zachování poměru stran.
- Před ukládáním upravených obrazů je nutné zaškrtnout „ Pouze část -> Vybrat…..‘‘.
- Poté je nutné ručně nadefinovat velikost ukládaného obrazu námi vybraným úsekem příze, který obsahuje značené vlákno.
  Uchopit okno pro výběr a ohraničit značené vlákno, potvrdit „Enter‘‘ a uložit ve formátu *jp2 do námi vytvořené složky v témže adresáři. Oba pohledy musí následovat bezprostředně po sobě.
- Během následující jedné vteřiny zaktivovat klikem druhé okno s druhým pohledem na vlákno.
- Zde už je velikost výběrového rámečku předdefinovaná. Velikost rámečku je potřeba zachovat, pouze je s ním pohybováno tak, aby bylo vlákno z druhého pohledu ve stejné pozici jako u pohledu prvního.
- Upravený obraz je ukládán stejně jako obraz první.

Následující kroky zpracování podélných obrazů byly prováděny za pomocí makra „ZnacenaVlakna.mac‘‘.

7.2.2 Práce s makrem - značená vlákna

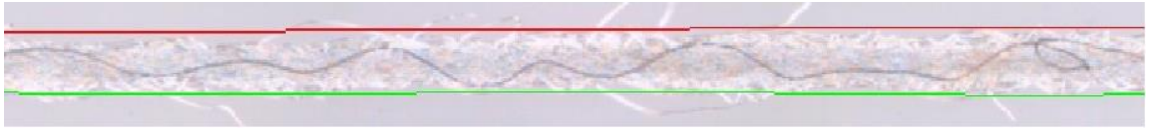
- Spuštění makra

  Po spuštění makra se objeví okno, která nabízí potvrzení splněných podmínek pro správné zpracování obrazů. Dva pohledy na vlákno musí být správně oříznuty, nacházet se ve stejném adresáři a následovat bezprostředně po sobě. Kontrolní okno je na obr. 33.



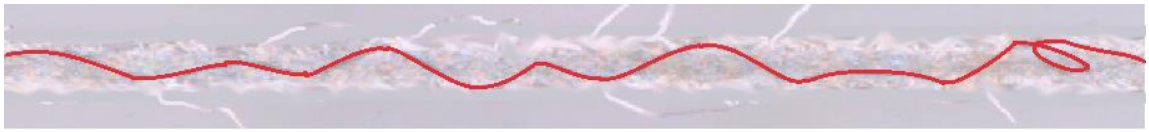
Obr. 33 – Kontrolní okno, označování těla příze a značeného vlákna, prtsc autor

- Následně je zobrazen první obraz podélného pohledu na přízi. Hranice těla příze jsou subjektivně označena dvěma horizontálními čarami. Horní hranice příze je vyznačena červeně, dolní hranice zeleně, viz obrázek 34.



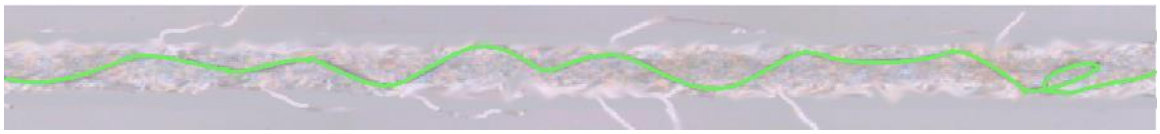
Obr. 34 – Označování hranic těla příze, prtsc autor

- Obr. 35 ukazuje subjektivní značení trajektorie vlákna prvního pohledu na přízi. Pro tento pohled je průběh trajektorie vlákna značen červeně.



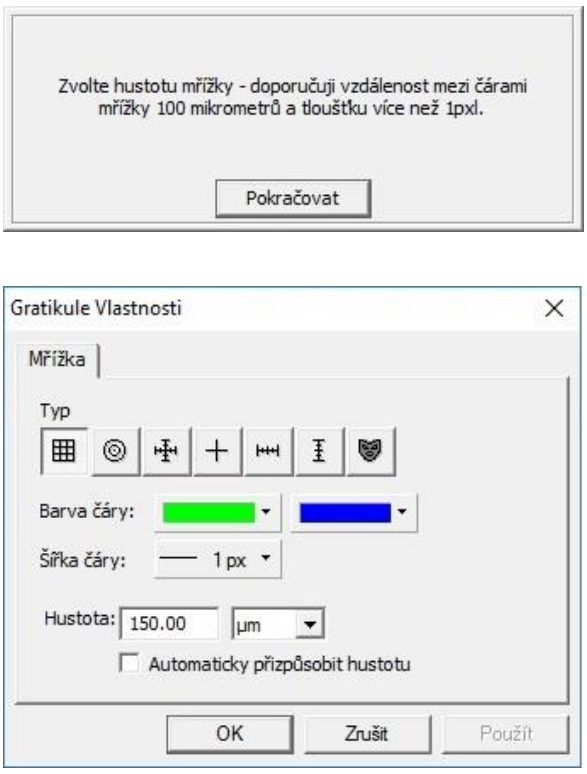
Obr. 35 – Označování průběhu trajektorie značeného vlákna – první pohled, prtsc autor

- Poté je identicky provedeno značení hranic těla příze pro druhý pohled na přízi, kolmý na pohled první, otočený o 90°.
- A znovu je prováděno označování průběhu trajektorie vlákna taktéž pro druhý kolmý pohled, jak uvádí obr. 36.



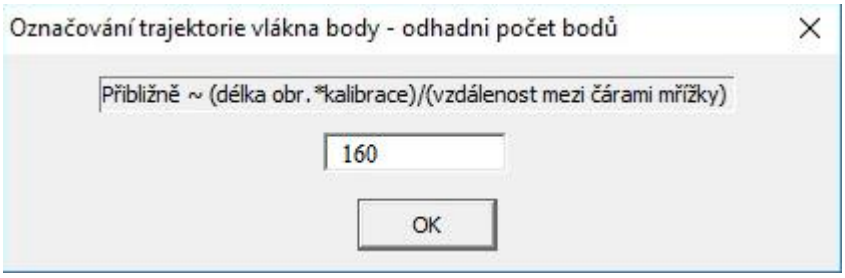
Obr. 36 – Označování průběhu trajektorie značeného vlákna – druhý pohled, prtsc autor

- Následuje značení jednotlivých bodů na vyznačené trajektorii vlákna z předešlého kroku. Aby bylo bodování rychlejší a přesnější, vytvoří se mřížka (síť), u které jsou potřeba definovat její parametry. Hodnota hustoty mřížky se odvíjí od průměru příze. Mřížka nesmí být moc hustá, kvůli viditelnosti vlákna. Zároveň nesmí být řídká, aby byl zachován dostatečný počet bodů a výsledná data nebyla příliš zkreslená. Obecně platí, čím více bodů, tím lépe.



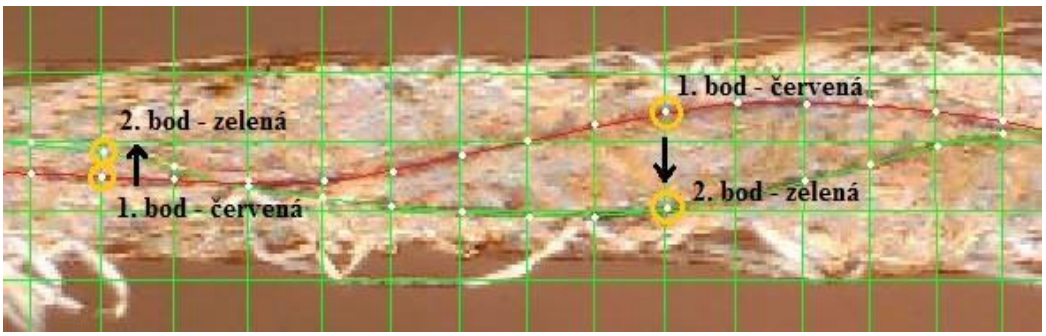
Obr. 37 – Definování hustoty a parametrů mřížky, prtsc autor

- Dalším krokem je uchopení a posunutí nadefinované mřížky tak, aby její jakákoliv svislá přímka ležela na počátku vyznačené trajektorie vlákna během 10 vteřin. Pokud tento krok vynecháme, mřížka se po uplynutí 10s sama ukotví, ale nekoresponduje vždy se začátkem vlákna.
- Následně se odhadne počet bodů pro označování trajektorie vlákna. Přibližný odhad je možné určit dle vztahu (délka obr. *kalibrace)/(vzdálenost mezi čárami mřížky), uvedený na obr. 38. Vždy je výhodnější určit menší počet bodů. Na konci bodování se objeví informační okno, zda je potřeba přidat bod nebo bodování ukončit. Při zvolení většího počtu bodů, než je potřeba, se ze zbylých bodů stanou data s nulovou hodnotou.



Obr. 38 – Označování trajektorie vlákna body – odhad počtu bodů, prtsc autor

- Obr. 39 zobrazuje značení trajektorie vláken body. Oba pohledy se navzájem překrývají, lze tedy označovat souřadnice x a y bodů zároveň. Nejprve se značí trajektorie prvního pohledu na vlákno (červené barva), poté křivka druhého pohledu (zelená barva). Křivky se mohou navzájem křížit vlivem polohy vlákna v přízi. Je důležité si dát pozor, aby nedošlo k záměně pořadí bodování.



Obr. 39 – Značení trajektorie vlákna body, tvorba autor

- Posledním krokem je ukládání subjektivně nabytých dat pro následné zpracování pomocí programového prostředí MatLab. Data jsou uložena do textového souboru osahující čtyři sloupce. První a druhý sloupec zobrazuje souřadnice x a y bodů prvního pohledu. Třetí a čtvrtý sloupec udává souřadnice x a y bodů pro druhý pohled.

7.3 Zpracování dat a obrazů pomocí programového prostředí MatLab

Data byla zpracovávána dle normy [9] programem MatLab s využitím skriptu v něm vytvořeným – ZnVlakna.m.

Princip skriptu

Skript nejprve převede obrazy hranic těla příze do dvojkové binární soustavy 0 a 1. Vždy jsou převáděny dva obrazy hranic pro jedno vlákno. Jeden obraz pro první pohled a druhý pro druhý pohled na přízi pootočený o 90°. Barevný obraz je převeden nejprve na šedý a poté na binární obraz.

Lineární regresí (vztahem mezi dvěma proměnnými) je z hranic těla příze vytvořena přímka, která znázorňuje osu příze v každém pohledu. Následuje transformace souřadnic osy do polárních souřadnic.

Současně je odečten poloměr příze z reálného těla příze v každém pohledu. Z odečtených poloměrů příze je určena jejich střední hodnota, která tvoří poloměr válce. Tento válec je součástí 3D vizualizace značeného vlákna.

Ze dvou vzájemně pootočených obrazů značeného vlákna vychází soubor dat, který obsahuje čtyři sloupce. První dva sloupce obsahují x a y-ové souřadnice pro první pohled. Třetí a čtvrtý sloupec obsahuje x a y-ové souřadnice druhého pohledu. Vytvořený skript dokáže takto připravený textový soubor načíst.

Poté jsou parametrickým splinem spojeny souřadnice bodů trajektorie značeného vlákna do 2D zobrazení a následně do 3D jako spojitá křivka značeného vlákna. Parametrický splin je možné použít pouze v případě, že body na trajektoriích vláken jsou od sebe stejně vzdáleny a mají shodnou x souřadnici.

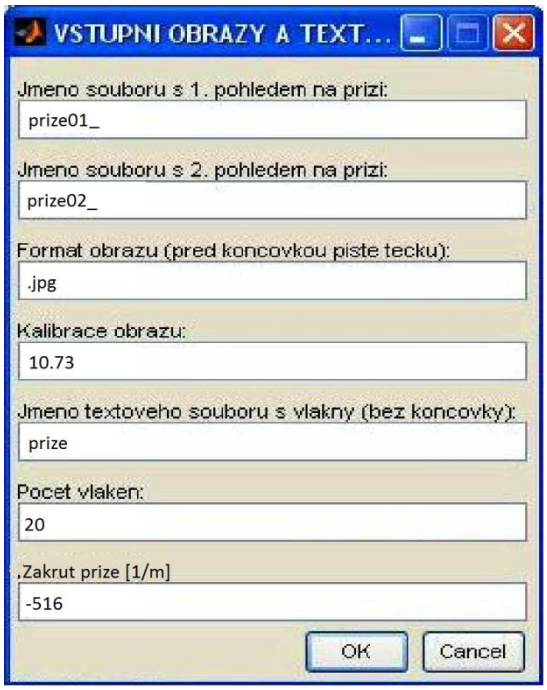
Výsledkem je 3D zobrazení hladké, spojité křivky značeného vlákna, osy příze aproximované do přímky a válce s poloměrem, který odpovídá poloměru reálné příze.

Body, které nevytvářejí funkci, není možné proložit spline funkcí. Vstupní body vláken jsou předem kontrolovány a je počítáno procento zastoupení vláken s háčky a smyčkami.

Následně je vytvořena základní statistika koeficientu zapředení vlákna, směrových úhlů alpha, beta, gamma.

Všechny výstupy jsou uloženy do příslušných matových souborů.

Výstupní matové soubory jsou K_f.mat, Poloměr.mat, Procento.mat, alpha.mat, beta.mat, gamma.mat.



Obr. 40 - Okno se vstupními obrazy a textovými soubory, prtsc autor

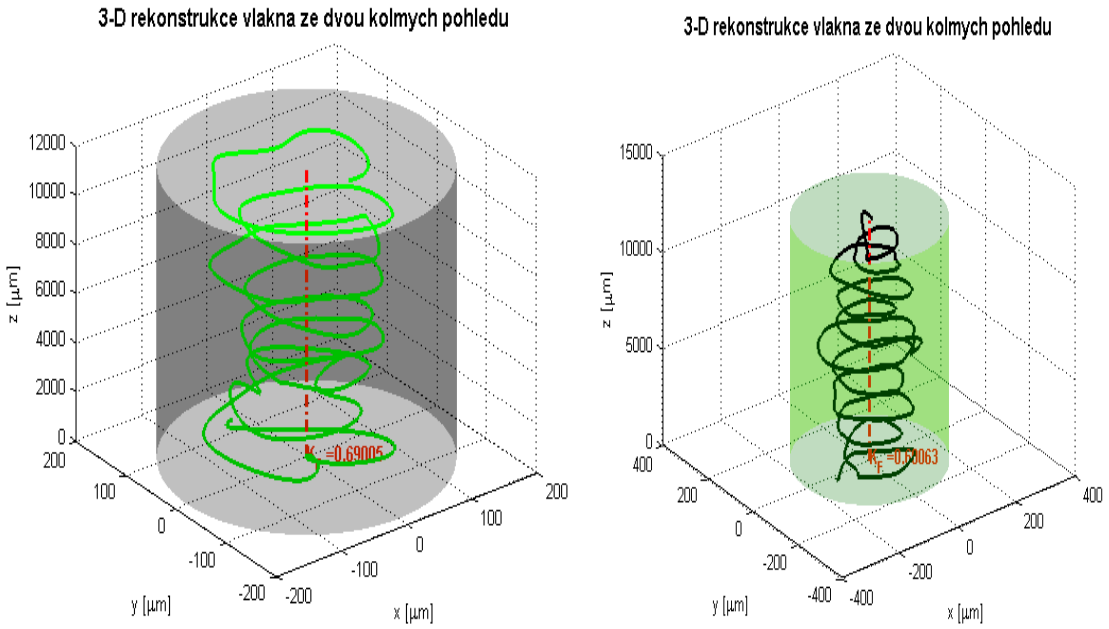
7.4 Výsledky zpracování dat a obrazů podélných pohledů jednoduché příze s obsahem značených vláken v systému MatLab

Celkem bylo zpracováno 20 obrazů ze dvou kolmých pohledů na třech rotorových tělesech s rozdílným zákrutovým koeficientem a = 50,60 a 70 $ktex^{2/3}m^{-1}$.

Výsledným zpracováním dat a obrazů podélných pohledů jednoduché příze byly vytvořeny 3D rekonstrukce každého hodnoceného vlákna, výpočet koeficientu zapředení, průběh úhlů α a β, poloměr příze a procentuální zastoupení vláken se smyčkami a háčky.

7.4.1 Výsledná 3D rekonstrukce vláken

Na každé ze tří přízových těles s rozdílným zákrutovým koeficientem bylo vytvořeno 20 3D rekonstrukcí znázorňující orientaci vláken v přízi. Viz obr. 41 a Příloha č.1.



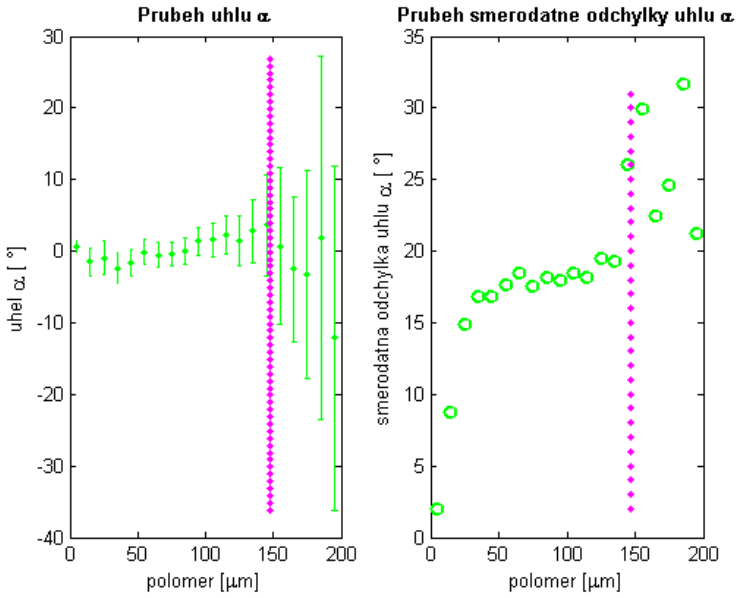
Obr. 41 – Ukázka vlákna v 3D zobrazení

Na obr. 41 vlevo je znázorněn válec šedé barvy, který představuje tělo příze o daném průměru. Středem válce prochází červená čerchovaná čára (osa příze). Vlákno, které obklopuje osu příze, je vyznačeno zeleně. Na tomto vlákně se místy objevují kličky, smyčky i háčky a jeho šroubovicový tvar není zcela ideální.

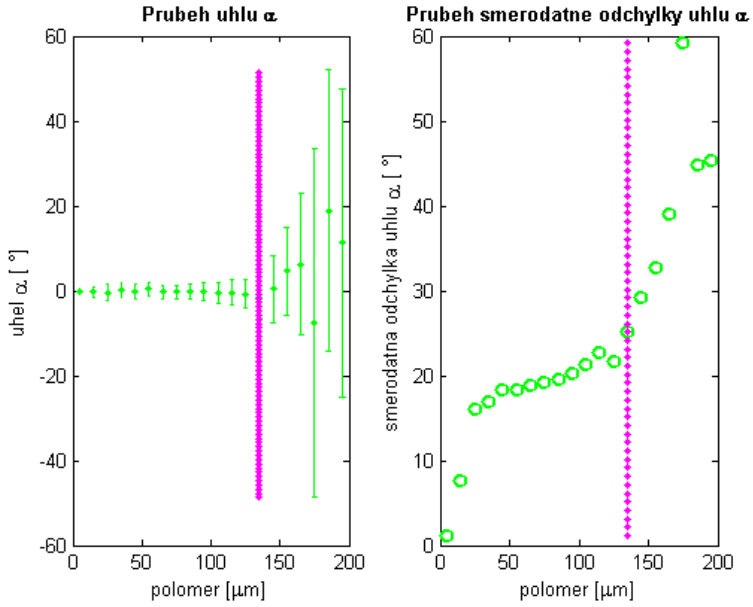
Na obr. 41 vpravo je znázorněno jiné vlákno, které je vyznačeno černou barvou a leží uvnitř zeleného válce (tělo příze). Vlákno se otáčí okolo osy příze červené barvy. Opět se na vlákně objevují smyčky a háčky. Trajektorie vlákna není příliš shodná s ideálním šroubovicovým modelem.

Rozdíl velikostí jednotlivých válců znázorňující tělo příze je dán průměrem příze a délkou vlákna v určitém úseku příze. Rozdíl barev v zobrazení 3D rekonstrukcí ovlivňuje rozložení vlákna v přízi. Vlákno vyznačeno zelenou barvou je celé obsaženo pouze uvnitř šedého válce. Naproti tomu černé vlákno obsahuje místo, které vybočuje ze zeleného válce ven nebo leží na povrchu příze.

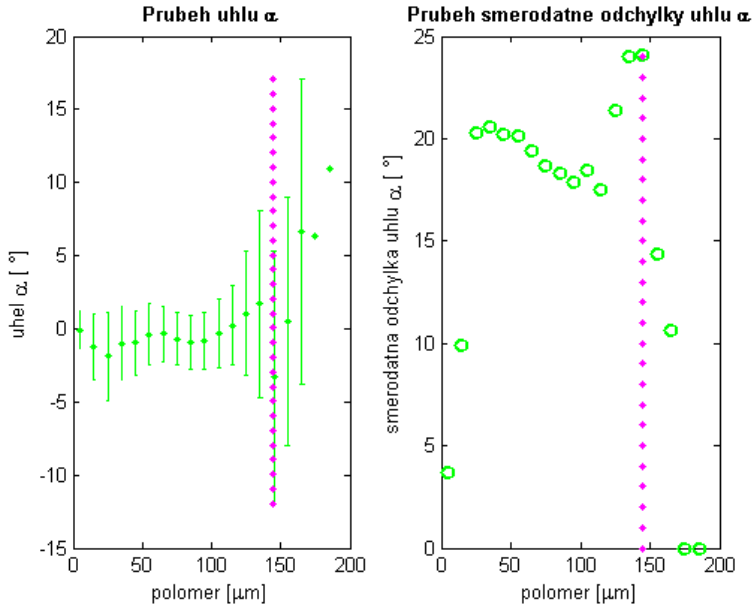
7.4.2 Průběh úhlu α



Obr. 42 – Pro přízi se zákrutovým koeficientem a = 50 $ktex^{2/3}m^{-1}$

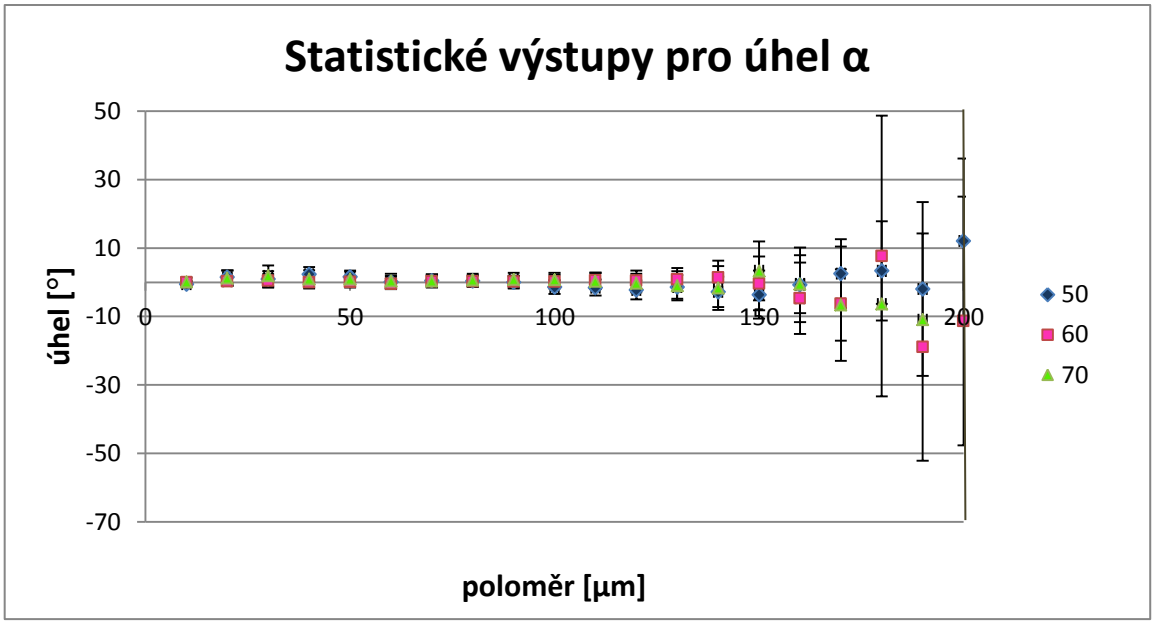


Obr. 43 – Pro přízi se zákrutovým koeficientem a = 60 $ktex^{2/3}m^{-1}$



Obr. 44 – Pro přízi se zákrutovým koeficientem a = 70 $ktex^{2/3}m^{-1}$

Grafy na obr. 42 – 44 zobrazují jednotlivé průběhy úhlů α a jejich odchylky. Svislá linie znázorněná růžovými tečkami označuje poloměry jednotlivých přízí. Body, které se vyskytují za touto linií (poloměrem), se dají chápat jako úhly přiřaditelné k chlupatosti příze. Každá dvojice grafů je vytvořena pro jednu sadu přízí s rozdílným zákrutovým koeficientem.



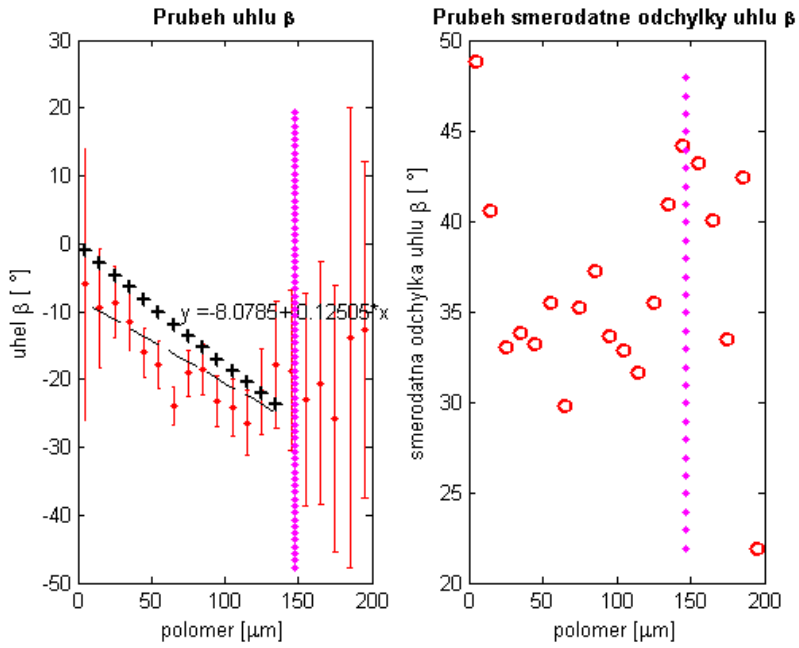
Obr. 45 – Statistické výstupy průběhů úhlů α pro jednotlivé příze

Tento graf zobrazuje vztah mezi poloměrem přízí a úhly α pro každou sadu přízí. Jednotlivé úhly jsou dále doplněny o průměrné hodnoty intervalu spolehlivosti IS. Na první pohled je patrné, že mezi poloměrem a úhlem α není téměř žádná závislost.

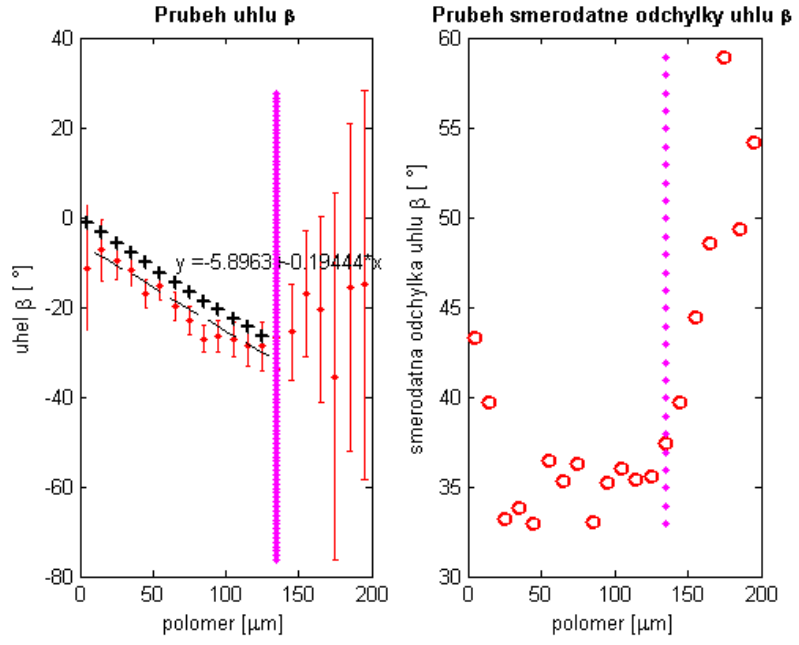
Hodnoty jednotlivých přízí se hodnotám ideálního šroubovicového modelu pouze přibližují, ale neodpovídají jim.

Intervaly jednotlivých přízí se překrývají, nedá se tedy jednoznačně určit, která příze se nejvíce přibližuje hodnotám pro IŠM. Aby nedocházelo ke zkreslení analýzy o chlupatost příze, jsou porovnávány pouze příze do poloměru $D_{příze}/2$ = 147 µm.

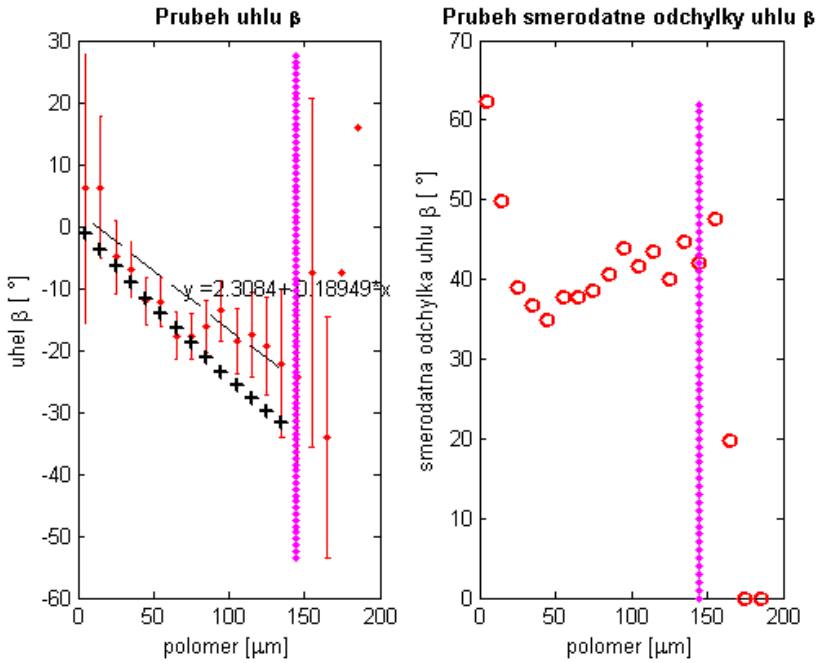
7.4.3 Průběh úhlu β



Obr. 46 – Pro přízi se zákrutovým koeficientem a = 50 $ktex^{2/3}m^{-1}$



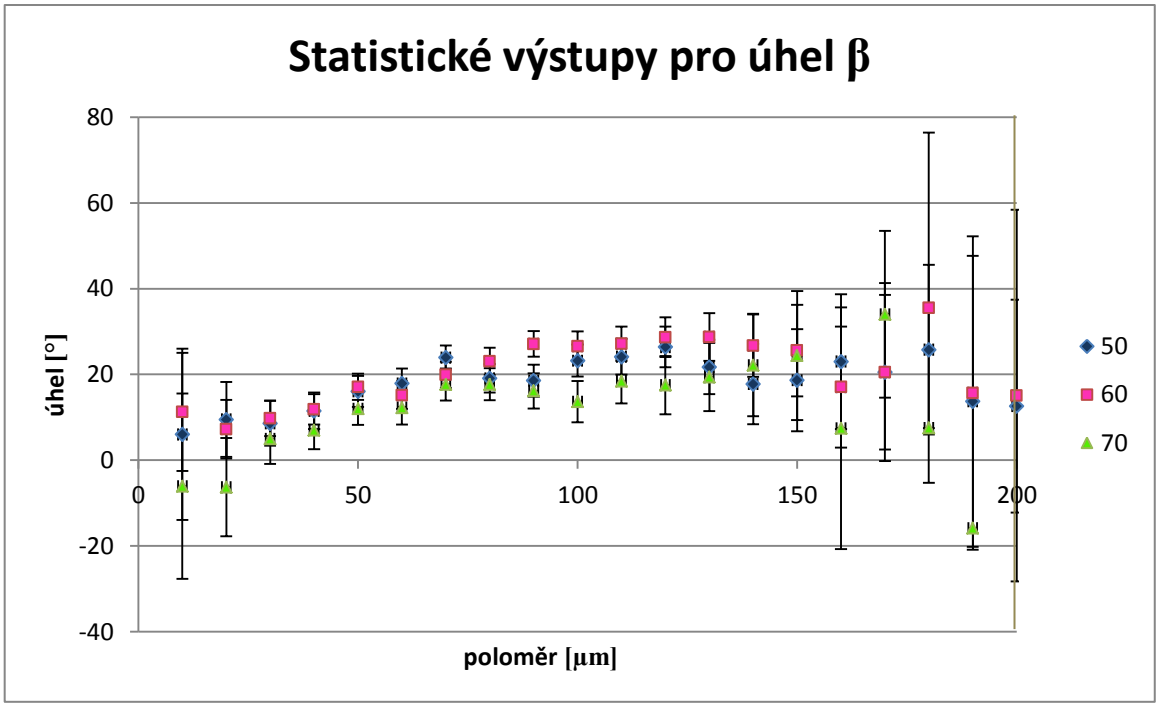
Obr. 47 – Pro přízi se zákrutovým koeficientem a = 60 $ktex^{2/3}m^{-1}$



Obr. 48 – Pro přízi se zákrutovým koeficientem a = 70 $ktex^{2/3}m^{-1}$

Grafy na obr. 46 – 48 zobrazují jednotlivé průběhy úhlů β a jejich odchylky. Z hodnot na grafech je již patrná závislost mezi úhlem β a poloměrem. Jednotlivé úhly sklonu vláken k ose příze mají sestupnou linii u všech zkoumaných přízí.

Svislá linie znázorněná růžovými tečkami označuje poloměry jednotlivých přízí. Body, které se vyskytují za touto linií (poloměrem), se dají chápat jako úhly přiřaditelné k chlupatosti příze. Každá dvojice grafů je vytvořena pro jednu sadu přízí s rozdílným zákrutovým koeficientem.



Obr. 49 – Statistické výstupy průběhů úhlů β pro jednotlivé příze

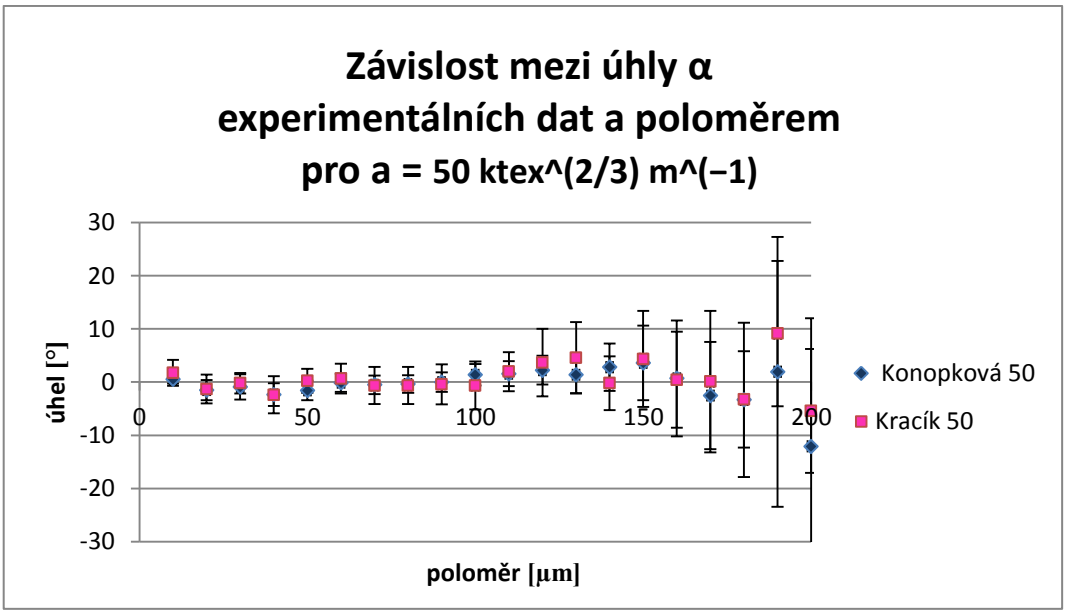
Graf na obr. 49 zobrazuje vztah mezi poloměrem přízí a úhly β pro každou sadu přízí. Jednotlivé úhly jsou doplněny o průměrné hodnoty intervalu spolehlivosti IS.

Na tomto grafu jsou hodnoty zobrazeny vzestupně od nuly, oproti grafům na obr. 46 – 48, kde jsou sestupně. To je dáno pouhým převrácením hodnot.

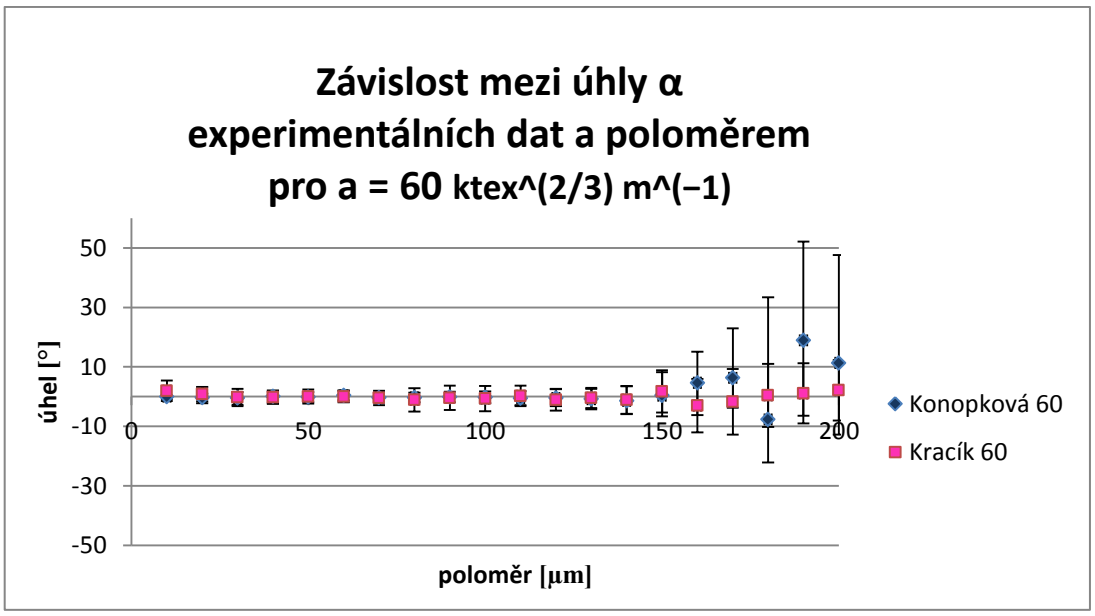
Mezi poloměrem a úhlem β je silná závislost. Z toho plyne, že se vzrůstajícím poloměrem se zvětšuje úhel sklonů vláken vůči ose příze a naopak. Aby nedocházelo ke zkreslení analýzy o chlupatost příze, jsou porovnávány pouze příze do poloměru $D_{příze}/2$ = 147 µm.

7.4.4 Závislost mezi experimentálními daty získanými pomocí nového zařízení a exp. daty z původního zařízení pana Ing. Kracíka

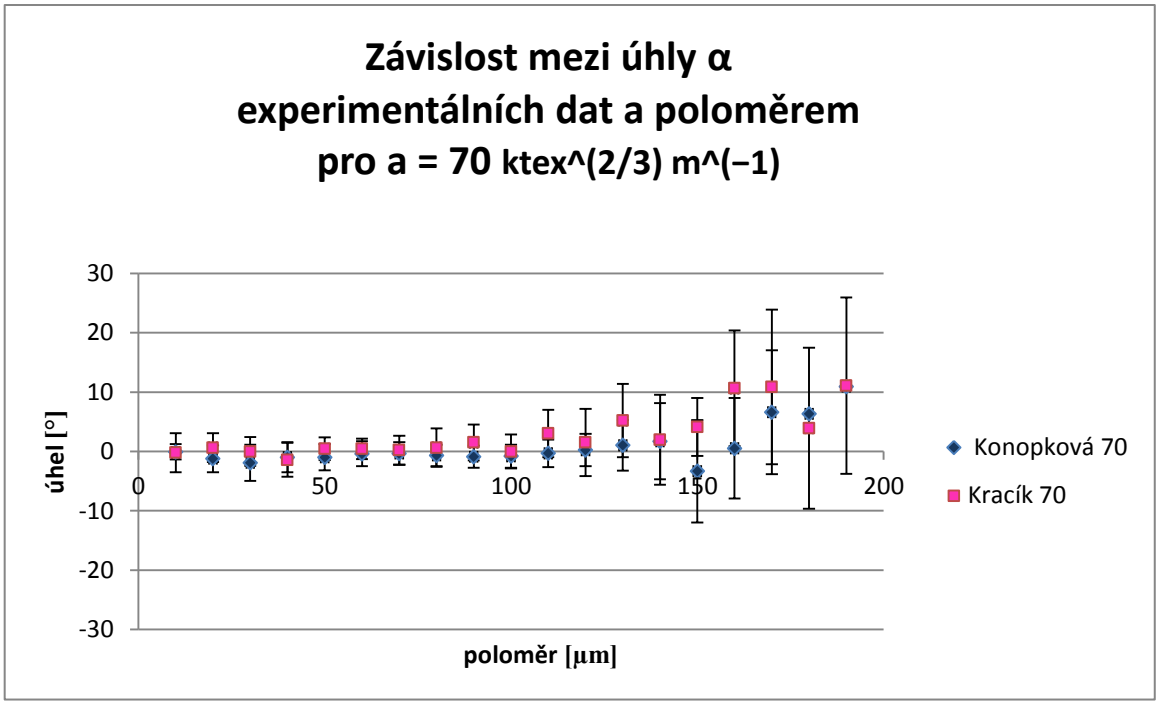
Úhel α



Obr. 50 – Závislost úhlů α exp. dat Konopková a Kracík pro a = 50 $ktex^{2/3}m^{-1}$



Obr. 51 – Závislost úhlů α exp. dat Konopková a Kracík pro a = 60 $ktex^{2/3}m^{-1}$



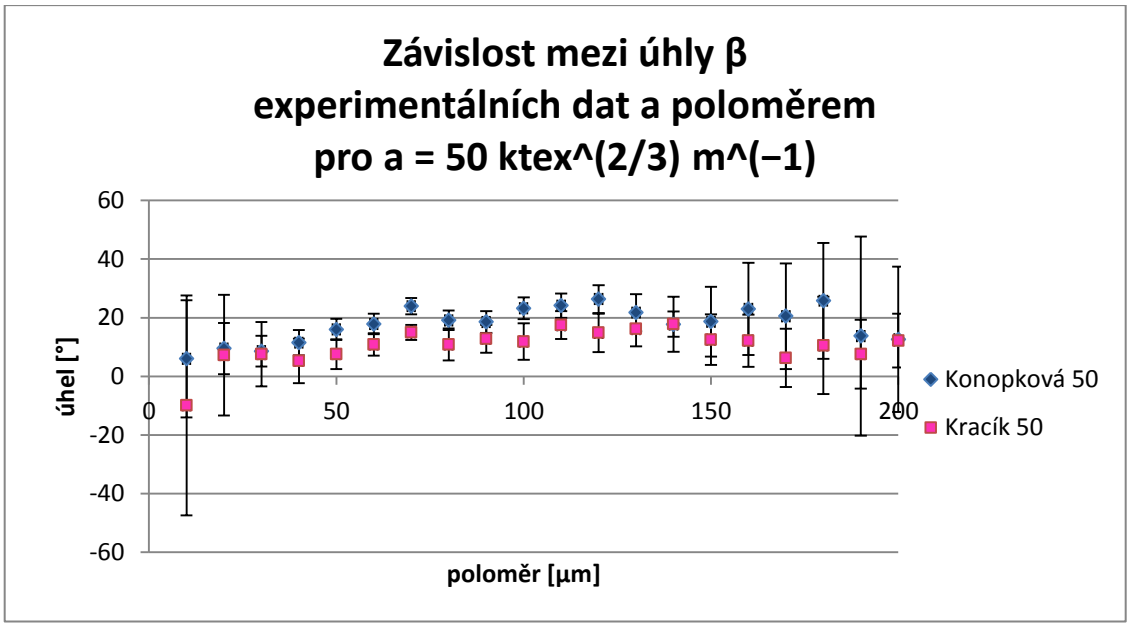
Obr. 52 – Závislost úhlů α exp. dat Konopková a Kracík pro a = 70 $ktex^{2/3}m^{-1}$

Obrázek 50 – 52 znázorňuje závislost mezi úhly α experimentálních dat a poloměrem příze s odlišnými zákrutovými koeficienty.

Z grafů vyplývá slabá závislost mezi poloměrem a úhly α u obou datových řad. Chybové úsečky vytvořené z průměrných hodnot intervalu spolehlivosti IS u obou řad dokazují, že rozdíly hodnot jsou statisticky nevýznamné a je patrná silná závislost mezi daty mými a pana Kracíka.

Aby nedocházelo ke zkreslení analýzy o chlupatost příze, jsou porovnávány pouze příze do poloměru $D_{příze}/2$ = 147 µm (Konopková), $D_{příze}/2$ = 105 µm (Kracík).

Úhel β



Obr. 53 – Závislost úhlů β exp. dat Konopková a Kracík pro a = 50 $ktex^{2/3}m^{-1}$

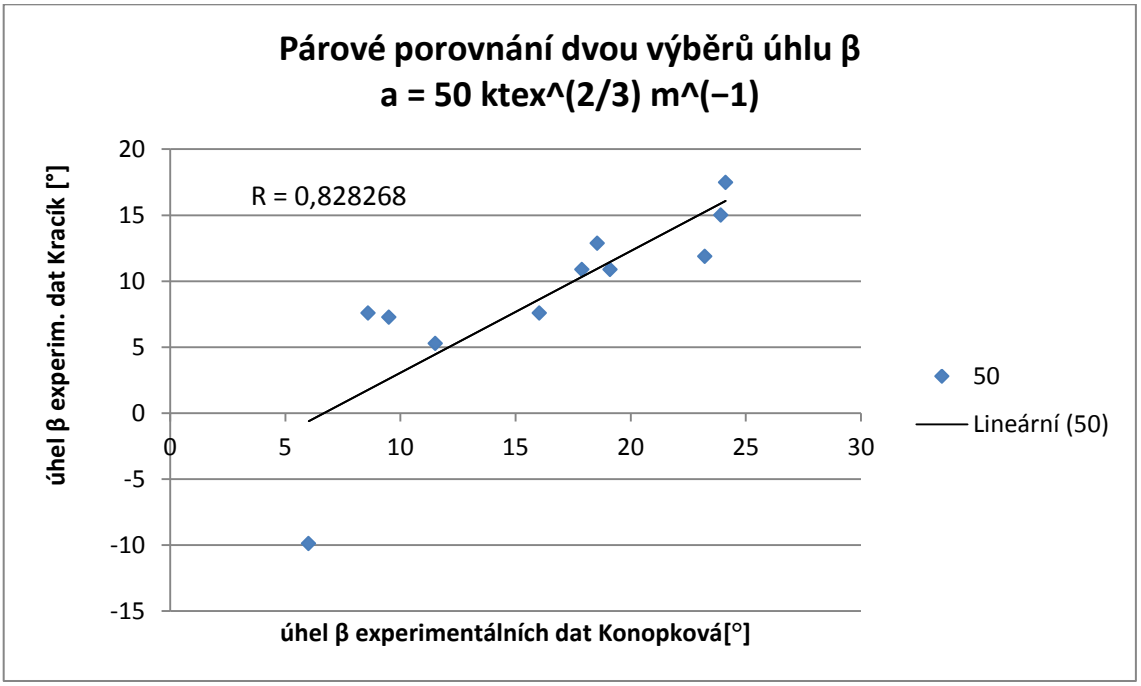
Na obr. 53 je znázorněna závislost úhlu β experimentálních dat a poloměru příze se zákrutovým koeficientem a = 50 $ktex^{2/3}m^{-1}$ pro dvě datové řady.

Z grafického zobrazení vyplývá silná závislost mezi úhly β experimentálních dat a poloměrem příze. Intervaly spolehlivosti IS u obou řad dokazují, že rozdíly hodnot jsou statisticky nevýznamné a je patrná silná závislost mezi daty Konopková a Kracík. Pouze ve dvou vzdálenostech poloměru mají hodnoty úhlů β experimentálních dat Konopková a Kracík mezi sebou slabou závislost, ačkoliv mají velmi podobné postavení v obou řadách.

Aby nedocházelo ke zkreslení analýzy o chlupatost příze, jsou porovnávány pouze příze do poloměru $D_{příze}/2$ = 147 µm (Konopková), $D_{příze}/2$ = 105 µm (Kracík).

Párové porovnání dvou výběrů úhlu β pro a = 50 $ktex^{2/3}m^{-1}$

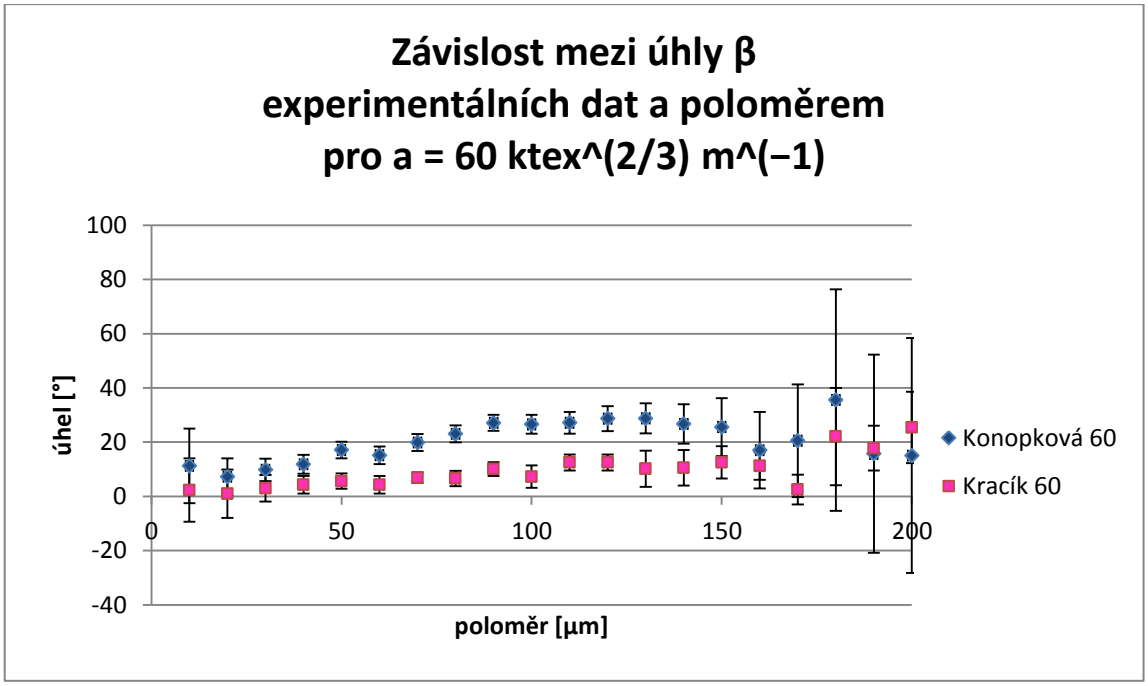
Párové porovnání dvou výběrů bylo vytvořeno pomocí Statistického systému QC.Expert. Tento systém je určen k podrobné analýze dvou datových souborů (výběrů). Oba soubory musí mít stejný počet dat a nesmí se mezi sebou zaměnit. Párové porovnání analyzuje jeden a týž soubor, který byl měřen dvakrát za dvou různých podmínek. V našem případě se jednalo o měření totožných přízových těles na dvou různých aparátech. Z tohoto souboru jsou získány proměnné x a y. Cílem je rozhodnout o vlivu těchto podmínek na měřenou hodnotu. Posuzuje se, zda střední hodnota rozdílu první a druhé proměnné E(x-y) se statisticky liší od nuly či nikoli.



Obr. 54 – Párové porovnání dvou výběrů úhlu β pro a = 50 $ktex^{2/3}m^{-1}$

Na grafu 54 je uvedeno párové porovnání dvou výběrů úhlu β pro a = 50 $ktex^{2/3}m^{-1}$. Aby nedošlo ke zkreslení analýzy a korelačního koeficientu R úhlů β experimentálních dat o chlupatost příze, byly porovnávány příze do poloměru $D_{příze}/2$ = 105 µm. Počet dat byl určen dle poloměru pana Kracíka, aby byl zachován shodný počet dat obou souborů.

Ačkoliv rozdíly v úhlech β experimentálních dat pro 50 $ktex^{2/3}m^{-1}$ na obr. číslo jsou významné, hodnota korelačního koeficientu R = 0,828268 ukazuje na silnou závislost mezi úhly β experimentálních dat (Konopková) a úhly β exp. dat (Kracík).



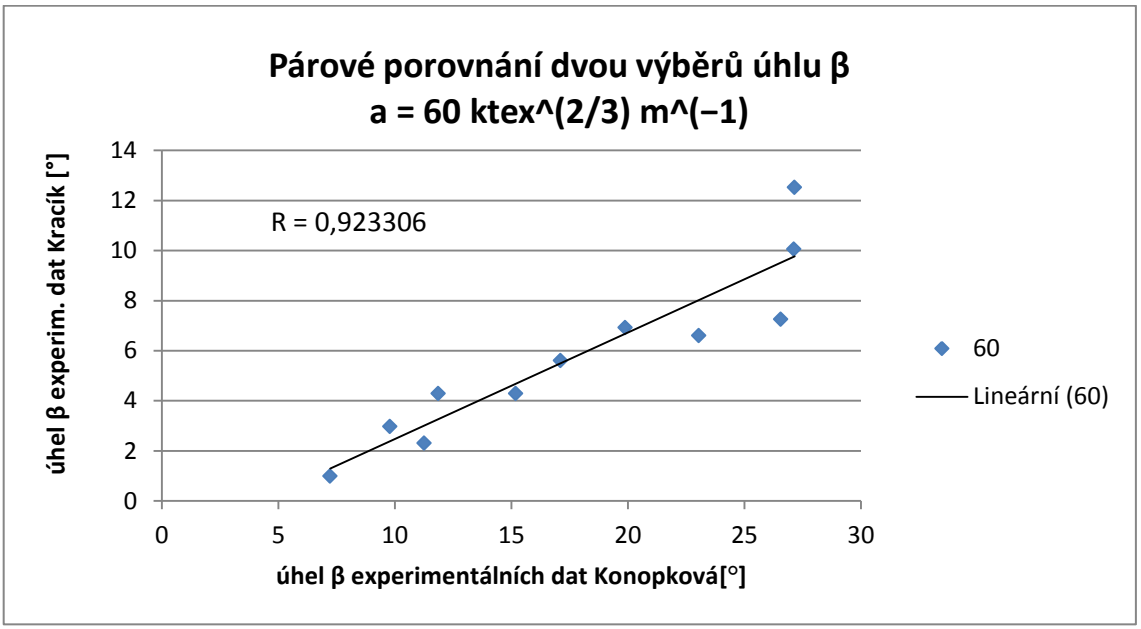
Obr. 55 – Závislost úhlů β exp. dat Konopková a Kracík pro a = 60 $ktex^{2/3}m^{-1}$

Na obr. 55 je znázorněna závislost úhlu β experimentálních dat a poloměru příze se zákrutovým koeficientem a = 60 $ktex^{2/3}m^{-1}$ pro dvě datové řady.

Z grafického zobrazení vyplývá silná závislost mezi úhly β experimentálních dat a poloměrem příze. Intervaly spolehlivosti IS u obou řad dokazují, že rozdíly hodnot jsou statisticky významné a je patrná slabá závislost mezi daty Konopková a Kracík, ačkoliv mají stejnou vzestupnou tendenci.

Aby nedocházelo ke zkreslení analýzy o chlupatost příze, jsou porovnávány pouze příze do poloměru $D_{příze}/2$ = 147 µm (Konopková), $D_{příze}/2$ = 105 µm (Kracík).

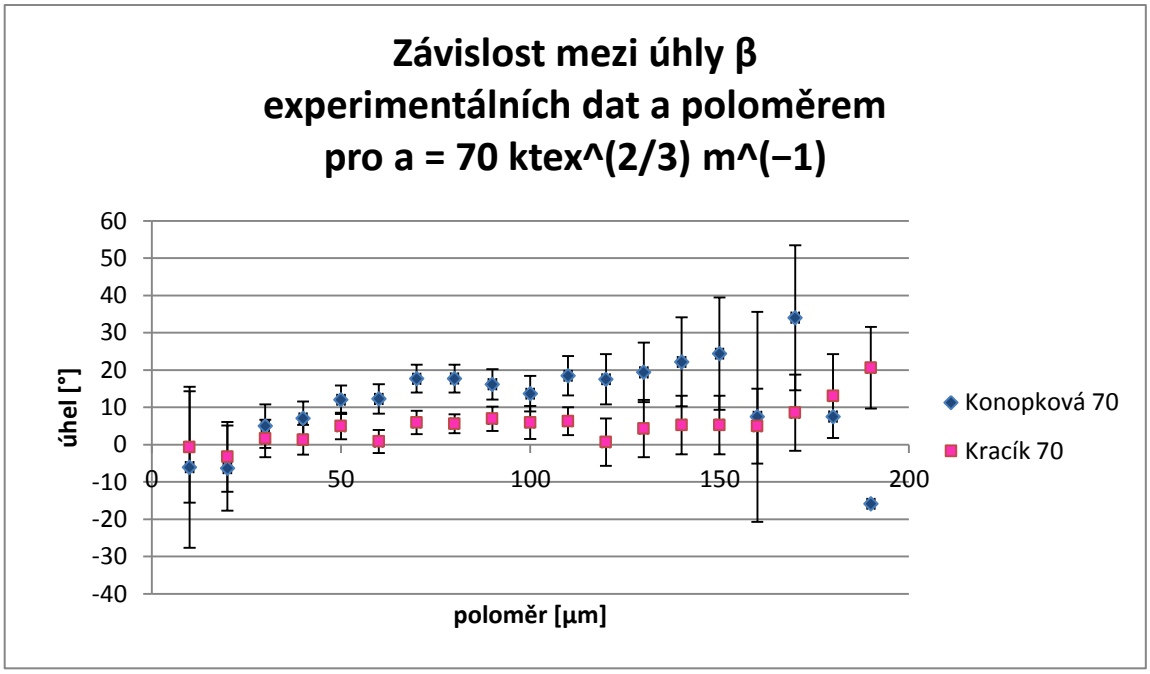
Párové porovnání dvou výběrů úhlu β pro a = 60 $ktex^{2/3}m^{-1}$



Obr. 56 – Párové porovnání dvou výběrů úhlu β pro a = 60 $ktex^{2/3}m^{-1}$

Graf na obr. 56 zobrazuje párové porovnání dvou výběrů úhlu β pro a = 60 $ktex^{2/3}m^{-1}$. Aby nedošlo ke zkreslení analýzy a korelačního koeficientu R úhlů β experimentálních dat o chlupatost příze, byly porovnávány pouze příze do poloměru $D_{příze}/2$ = 105 µm. Počet dat byl určen dle poloměru příze pana Kracíka, aby byl zachován shodný počet dat obou souborů.

Ačkoliv rozdíly v úhlech β experimentálních dat pro 60 $ktex^{2/3}m^{-1}$ na obr. číslo jsou významné, hodnota korelačního koeficientu R = 0,923306, ukazuje na velmi silnou závislost mezi úhly β experimentálních dat (Konopková) a úhly β exp. dat (Kracík).



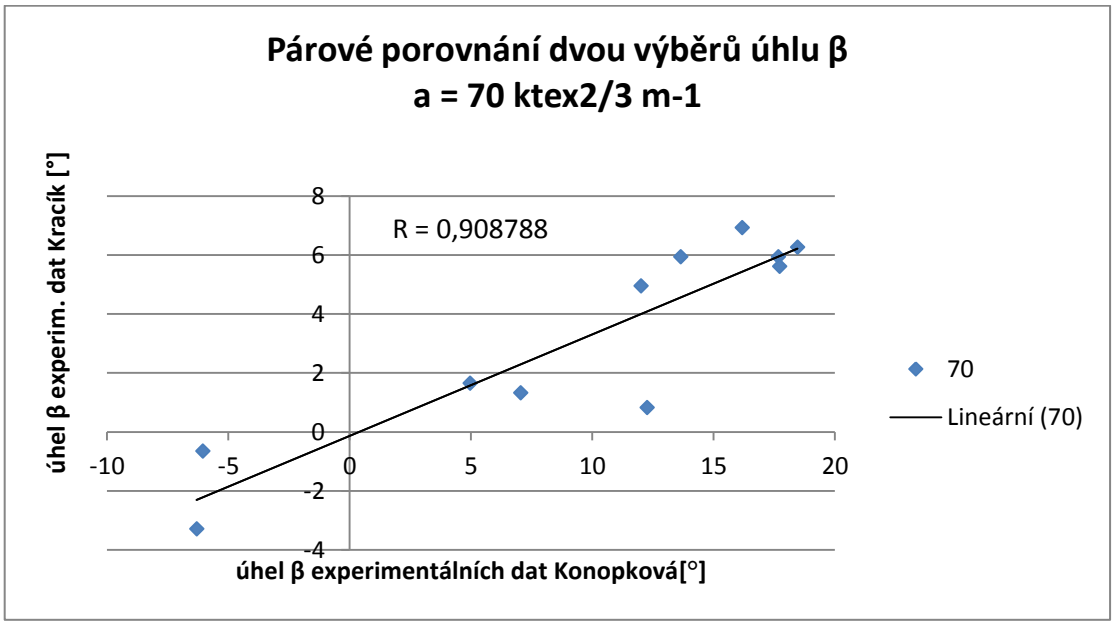
Obr. 57 – Závislost úhlů β exp. dat Konopková a Kracík pro a = 70 $ktex^{2/3}m^{-1}$

Obr. 57 vykresluje závislost úhlu β experimentálních dat a poloměru příze se zákrutovým koeficientem a = 70 $ktex^{2/3}m^{-1}$ pro dvě datové řady.

Z grafického zobrazení vyplývá silná závislost mezi úhly β experimentálních dat a poloměrem příze. Intervaly spolehlivosti IS dokazují, že rozdíly hodnot jsou statisticky významné a je patrná slabá závislost mezi daty Konopková a Kracík od vzdálenosti 50 µm poloměru příze. Naproti tomu ve vzdálenosti 0 – 50 µm poloměru příze je viditelná silnější závislost mezi daty Konopková a Kracík (díky překrývajícím se intervalům spolehlivosti IS).

Aby nedocházelo ke zkreslení analýzy o chlupatost příze, jsou porovnávány pouze příze do poloměru $D_{příze}/2$ = 147 µm (Konopková), $D_{příze}/2$ = 105 µm (Kracík).

Párové porovnání dvou výběrů úhlu β pro a = 70 $ktex^{2/3}m^{-1}$



Obr. 58 – Párové porovnání dvou výběrů úhlu β pro a = 70 $ktex^{2/3}m^{-1}$

Graf na obr. 58 znázorňuje párové porovnání dvou výběrů úhlu β pro a = 70 $ktex^{2/3}m^{-1}$. Z důvodu možného zkreslení analýzy a korelačního koeficientu R úhlů β experimentálních dat o chlupatost příze byly porovnávány příze do poloměru $D_{příze}/2$ = 105 µm. Počet dat byl stanoven dle poloměru příze pana Kracíka, aby byl zachován shodný počet dat obou souborů.

Ačkoliv rozdíly v úhlech β experimentálních dat pro 70 $ktex^{2/3}m^{-1}$ na obr. číslo jsou významné, hodnota korelačního koeficientu R = 0,908788, ukazuje na velmi silnou závislost mezi úhly β experimentálních dat (Konopková) a úhly β exp. dat (Kracík).

Shrnutí výsledků párového porovnání dvou výběrů úhlů β

Na základě párového porovnání dvou výběrů úhlů β (pro sady přízí se zákrutovým koeficientem a = 50; 60; 70 $ktex^{2/3}m^{-1}$), bylo rozhodnuto o statistické významnosti rozptylů úhlů β experimentálních dat Konopková a Kracík. U všech sad přízí s odlišným zákrutovým koeficientem vyšly rozdíly úhlů β statisticky významné. Z toho plyne, že úhly β experimentálních dat Kracík neodpovídají úhlům β experimentálních dat Konopková. Naproti tomu hodnoty korelačního koeficientu se velmi přibližují jedné a to svědčí o velmi silné závislosti mezi úhly β Kracík a Konopková. Nejsilnější závislost mezi úhly exp. dat Konopková a Kracík se objevuje u příze se zákrutovým koeficientem a = 60 $ktex^{2/3}m^{-1}$. Naopak nejslabší závislost je u příze se zákrut. koef. a = 50 $ktex^{2/3}m^{-1}$.

7.4.5 Statistické výsledky koeficientu zapředení KF

Tabulka 3 – Statistické výsledky pro koeficient zapředení

STATISTICKÉ VÝSLEDKY PRO KOEFICIENT ZAPŘEDENÍ								
označení příze	zákrutový koeficient [ktex2/3 m-1]	odhad střední hodnoty [-]	odhad směrodatné odchylky [-]	variační koeficient [%]	medián [-]	modus [-]	minimální hodnota [-]	maximální hodnota [-]
1	50	0,674572792	0,077931519	11,5527219	0,6910505	0,6918262	0,52253402	0,8060571
2	60	0,639871927	0,07477314	11,6856417	0,6487409	0,7129295	0,46423875	0,7492099
3	70	0,641885196	0,078102592	12,1676887	0,6547923	0,6577851	0,4090661	0,7700707

Uzlíky, zdvojené konce či nepatrné odklonění vlákna od (k) nebo vůči ose příze snižuje využitelnost vlákna v přízi. Využití vlákna v přízi je dáno vztahem pro výpočet koeficientu zapředení K_F – viz kapitola 2.1.3.

Nejvyšší hodnoty byly dosaženy u příze se zákrutovým koeficientem a = 50 $ktex^{2/3}m^{-1}$, kde odhad střední hodnoty koeficientu zapředení činí $K_F = 0{,}6745$. Naopak nejnižší hodnoty byly nalezeny u příze se zákrutovým koeficientem a = 70 $ktex^{2/3}m^{-1}$, odhad střední hodnoty $K_F = 0{,}6418$. Z uvedených hodnot v tabulce není patrná závislost koeficientu zapředení na zákrutovém koeficientu.

7.4.6 Statistické výsledky poloměru příze

Tabulka 4 – Statistické výsledky poloměru příze

STATISTICKÉ VÝSLEDKY PRO POLOMĚR PŘÍZE						
Označení příze	zákrutový koeficient [ktex2/3m-1]	poloměr příze [µm]	průměr příze [µm]	směr. odchylk [µm]	variační koe [%]	IS [µm]
1	50	147,1018362	294,2036724	24,8201192	16,872746	0,1591009
2	60	134,6559368	269,3118736	20,7616166	15,41827	0,1256842
3	70	144,8545871	289,7091742	30,0322971	20,732721	0,2108185

Tabulka 4 zobrazuje statistické výsledky pro poloměr jednoduché příze. Nejvyšší hodnotu průměru příze ($D_{příze} = 294{,}2036\,\mu m$) má příze se zákrutovým koeficientem a = 50 $ktex^{2/3}m^{-1}$, naopak nejmenší průměr příze ($D_{příze} = 269{,}3118\,\mu m$) má příze se zákrutovým koeficientem a = 60 $ktex^{2/3}m^{-1}$. Korelace mezi zákrutovými koeficienty a poloměry příze nebyla potvrzena. Lze ale poukázat na fakt, že označování hranic těla příze jednotlivcem je velmi subjektivní a může dojít ke zkresleným a nepřesným výsledkům průměru jednoduché příze.

7.4.7 Procento zastoupení vláken se smyčkami a háčky

Tabulka 5 – Procento zastoupení vláken se smyčkami a háčky

PROCENTO ZASTOUPENÍ VLÁKEN SE SMYČKAMI A HÁČKY		
označení příze	zákrutový koeficient [ktex2/3 m-1]	zastoupení vláken [%]
1	50	66,66
2	60	115,38
3	70	57,14

V tabulce 5 je znázorněno procento zastoupení vláken se smyčkami, kličkami a háčky. Vlákno může obsahovat několik kliček, háčků a smyček nebo může být naprosto „čisté‘‘. Nejvyšší procento zastoupení vláken je u příze se zákrutovým koeficientem a = 60 $ktex^{2/3}m^{-1}$, procento zastoupení činí 115,38%. Z toho plyne, že počet smyček a háčků na vláknech je vyšší, než počet samotných vláken. Nejnižším procentuálním zastoupením vláken se smyčkami se vyznačuje příze se zákrutovým

koeficientem a = 70 $ktex^{2/3}m^{-1}$, hodnota činí 57,14%. Hodnoty procentuálního zastoupení vláken v přízi jsou velmi odlišné od hodnot Pana Kracíka. Subjektivní výběr jednotlivých značených vláken je velmi individuální.

Z výše uvedených hodnot nevyplývá žádná závislost mezi zákrutovými koeficienty a procentuálním zastoupením vláken se smyčkami, kličkami a háčky.

Závěr

Díky technologiím a metodám, které byly vytvářeny a modifikovány po řadu let a na kterých se podílelo mnoho důležitých autorů, bylo měření a vyhodnocování trajektorie vlákna v přízi daleko snadnější.

Na základě již nevyhovujících konstrukčních parametrů stávajícího zařízení (zařízení pana Ing. Kracíka), ke kterému došlo vlivem kontaktu s chemikálií a používání v řádu let, bylo vytvořeno nové zařízení. Zařízení bylo shledáno plně vyhovujícím pro sledování trajektorie vlákna v přízi. Nově vytvořený aparát plně zastupuje původní zařízení a disponuje řadou výhod. Největším přínosem je jeho samotná konstrukce. Jeho rozměry a ergonomie jsou minimalizovány a zároveň přizpůsobeny parametrům příze. Aparát je vodotěsně uzavřen, což vede ke zlepšení podmínek při práci s imerzní kapalinou. Snímání obou kolmých pohledů je zaručeno otáčením samotného zařízení. Napříč těmito výhodami je ale stále co zlepšovat. Silikonové zátky, jimiž příze prochází, vyvíjí na přízi zátěž ve formě tření. V důsledku toho je na místě opatrnost při průtahu příze aparátem, aby nedošlo k přetržení příze. Při přípravě aparátu pro měření je potřeba trocha zručnosti a trpělivosti. Navzdory těmto nevýhodám je aparát schopen plně nahradit stávající laboratorní zařízení.

Zkoumáním změny v chlupatosti a průměru příze v závislosti na průtahu příze aparátem, bylo zjištěno, že průtah příze (silikonovými zátkami) nemá vliv na celkové měření.

Na základě párového porovnání dat z obou aparátů byla zjištěna velmi silná závislost mezi experimentálními daty „Konopková‘‘ a exp. daty „Kracík‘‘. Lze tak usuzovat z vysokých hodnot korelačního koeficientu R (hodnoty se přibližují k jedné). Ačkoli byly rozdíly mezi daty statisticky významné, průběh hodnot (v grafickém znázornění) zaujímá podobnou charakteristiku. Výsledné hodnoty nejsou ovlivněny jen použitím jiného zařízení, ale také subjektivním hodnocením daných vláken. Ze statistických výsledků procentuálního zastoupení vláken se smyčkami a háčky, je jasné, že pan Ing. Kracík pro své měření vybíral vlákna, která ve větší míře žádné háčky, zdvojené konce a smyčky neobsahovaly. Závěrem lze říci, že výsledná data (vytvořená na novém zařízení) se oproti datům pana Ing. Kracíka více podobají realitě.

Použitá literatura

[1] Neckář, B.: Příze – tvorba, struktura, vlastnosti, SNTL, Praha, 1990

[2] El-Behery, H. M.: Study of Theories of Fiber Migration – Need for More Fundamental Approach and Further Studies, Textile Research Journal, vol. 38, No. 4, 1968

[3] Morton, W. E.: The Arrangement of Fibers in Single Yarns, Textile Research Journal, 1956

[4] Grishanov, S. A., Harwood, R. J., Bradshow, M. S.: A Model of Fiber Migration in Staple-fiber Yarn, Part I., No. 3, Journal of Textile Institute, 1999

[5] Hearle, J. W. S., Gupta, B. S., Merchant, V. B.: Migration of Fibers in Yarns, Part I.: Characterization and Idealization of Migration Behavior, Textile Research Journal, 1956

[6] Hearle. J. W. S., Goswami, B. C.: Migration of Fibers in Yarns, Textile Research Journal, August, 1968

[7] Rohlena, V. a kol.: Bezvřetenové dopřádání, Praha, 1974

[8] Vyšanská, M.: Interní norma č. 32-102-01/01, Příčné rozměry dvojmo skané příze a průměr jednoduché příze, Podélné pohledy, Liberec, TUL, 2007

[9] Vyšanská, M.: Interní norma č. 22-109-01/01, Směrové uspořádání vláken v přízi – značená vlákna, Liberec, TUL, 2009

[10] Vyšanská, M.: Metoda šikmých řezů. Disertační práce, Tul, Liberec, 2006

[11] Kracík, M.: Značená vlákna. Diplomová práce, TUL, Liberec, 2008

[12] Odraz a lom světla. Fyzika 007 [online]. [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: http://www.fyzika007.cz/optika/odraz-a-lom-svetla

[13] Odraz a lom [online]. [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: http://fyzweb.cz/materialy/aplety_hwang/propagation/index.html

[14] Viskóza. Gina [online]. [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: https://www.gina.cz/Informace-o-zbozi/Materialy/Viskoza.aspx

[15] Materiály III. Viskóza, rayon, umělé hedvábí [online]. [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: https://www.perfektnipradlo.cz/Tema/Poradna/MATERIALY-III-Viskoza-rayon-umele-hedvabi

[16] Vlákna z přírodních polymerů. *Docplayer* [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: https://docplayer.cz/2070754-Vlakna-z-prirodnich-polymeru.html

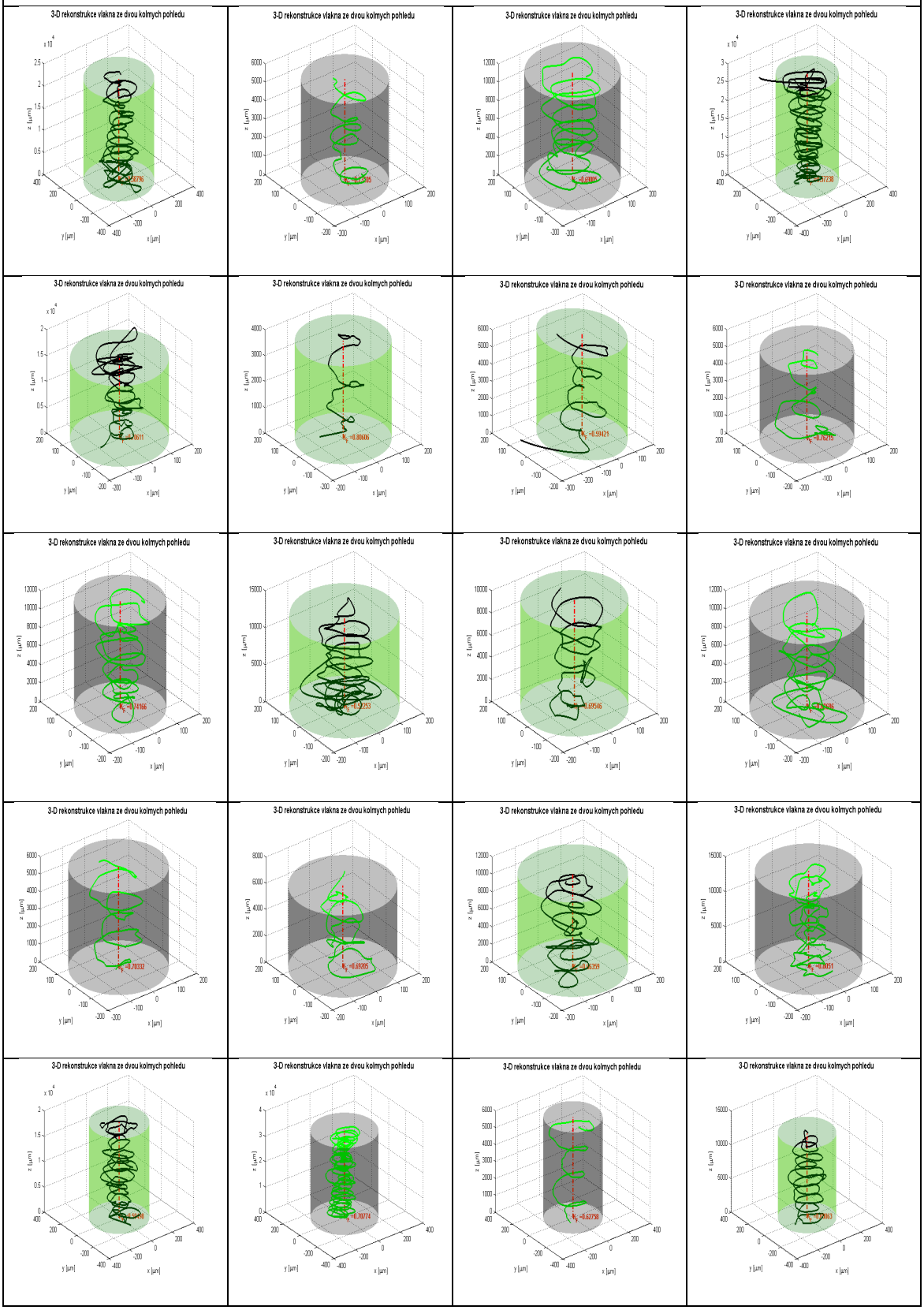
[17] Králová, M.: Smykové tření. Eduportál [online]. [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/sila/odporove-sily/smykove-treni

Příloha 1

3D rekonstrukce značeného vlákna v přízi

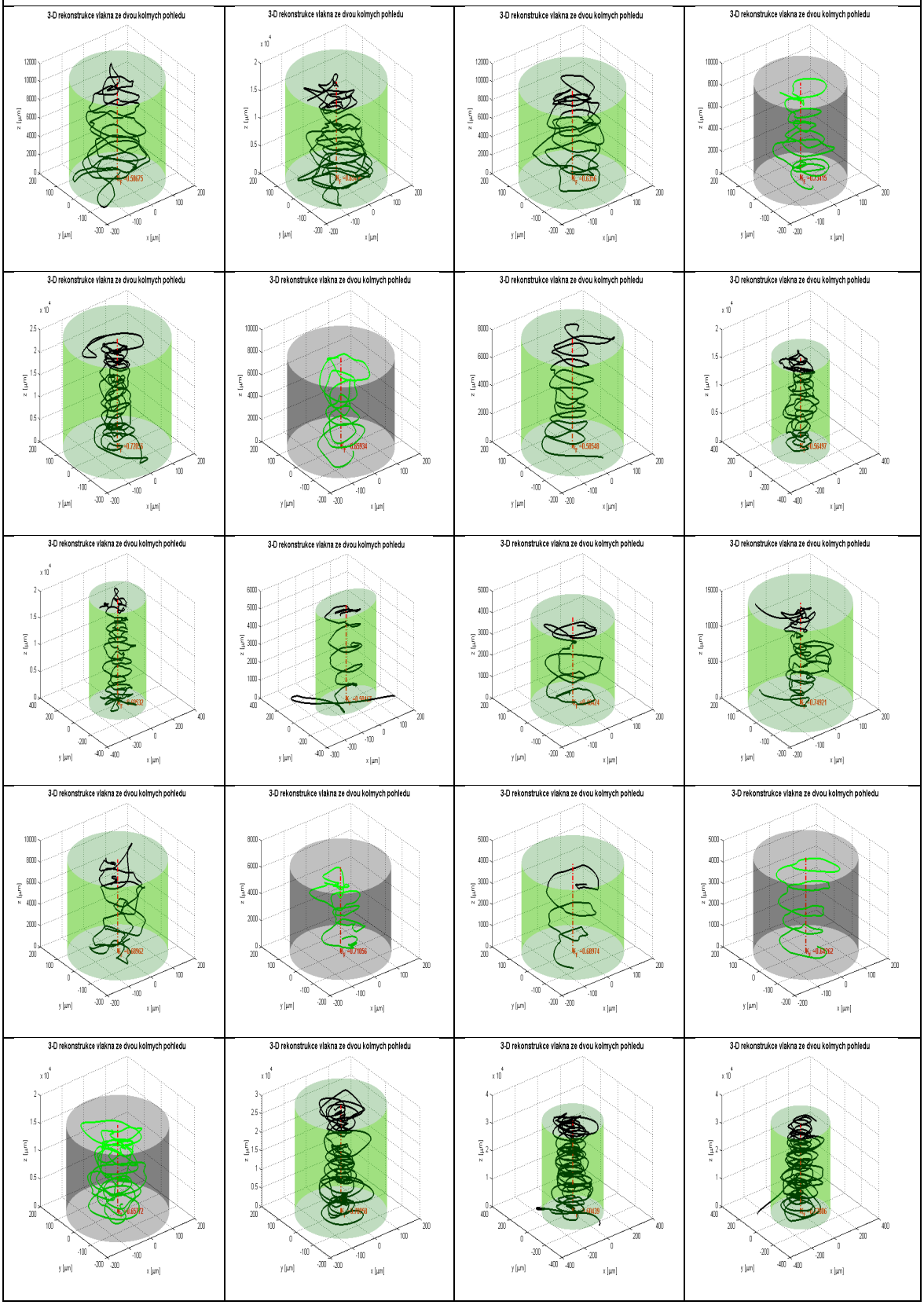
3D rekonstrukce značeného vlákna v přízi

$$\alpha = 50\ ktex^{2/3}m^{-1}$$



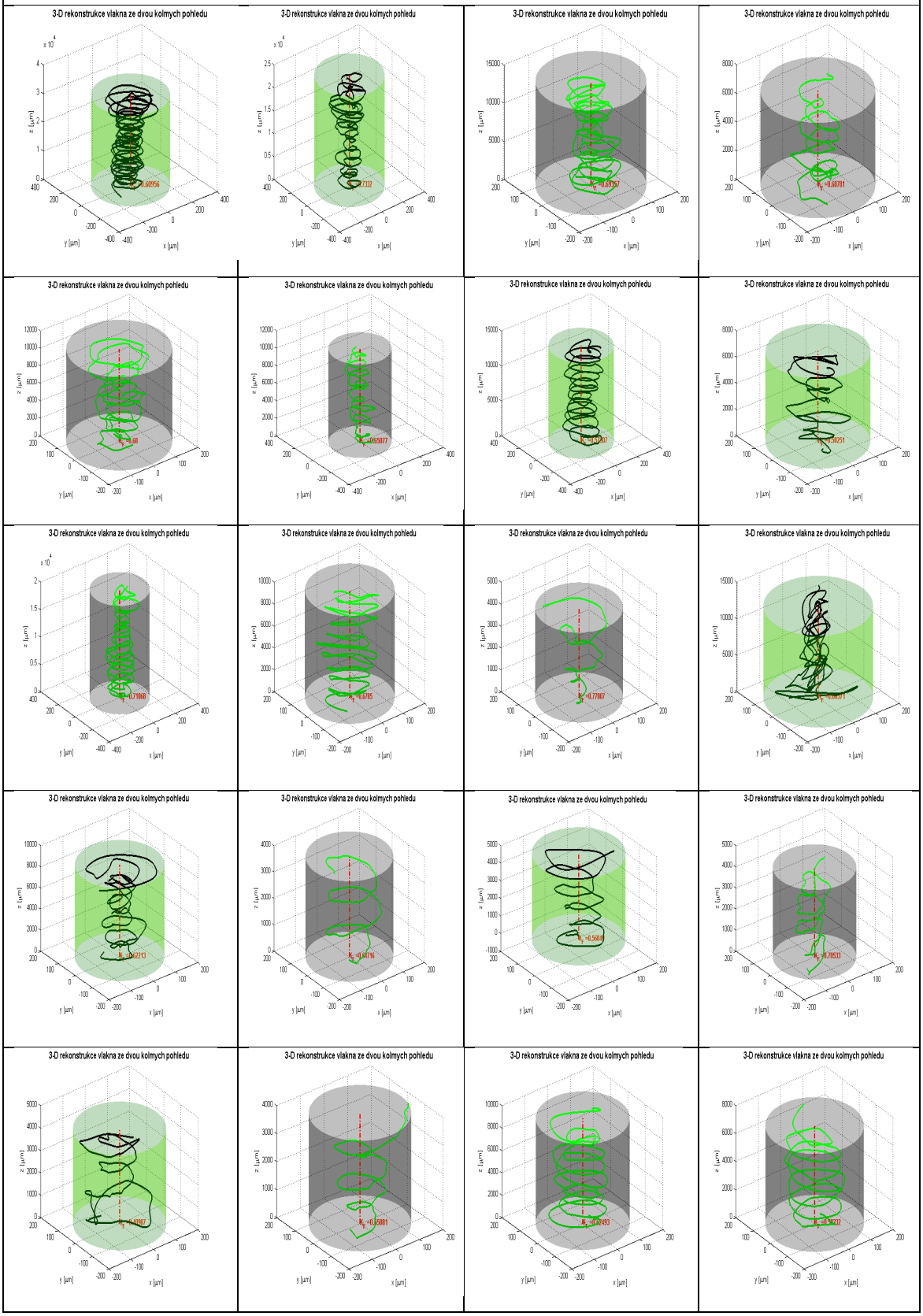
3D rekonstrukce značeného vlákna v přízi

$$\alpha = 60\ ktex^{2/3}m^{-1}$$



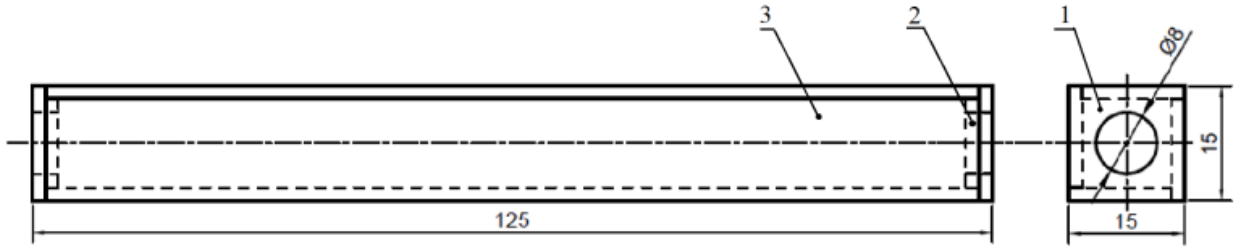
3D rekonstrukce značeného vlákna v přízi

$$\alpha = 70\ ktex^{2/3}m^{-1}$$



Příloha 2

Technický výkres nového zařízení použitého při měření



POZICE	NÁZEV	ČÍSLO VÝKRESU
1	Vnější čelo	1.1
2	Vnitřní čelo	1.2
3	Boční díl	1.3

CUSTOMER / PLATFORM / ENGINE / PROJECT
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

CUSTOMER NUMBER

REMARK

DATE 8.4.2019
DRAWN Konopková
CHECKED Bureš

KEY CHARACTERISTICS:

MATERIAL
KŘEMENNÉ SKLO: 1.7 mm

SCALE 1:1 | FORMAT A4 | SHEET | CAD SYSTEM: AutoCAD 2020

FIRST ANGLE:

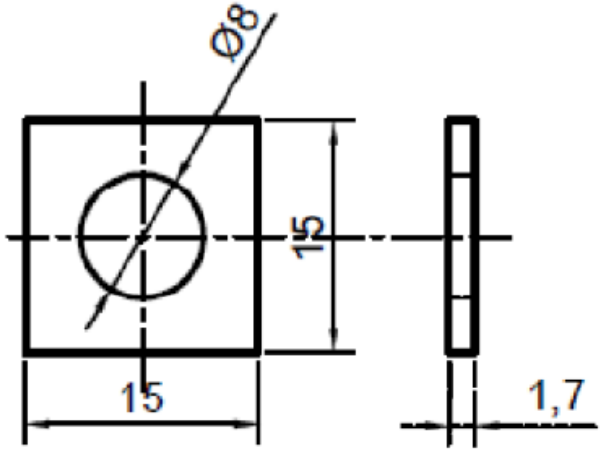
MASS (KG)

NAME
ZAŘÍZENÍ
PRO METODU ZNAČENÝCH VLÁKEN

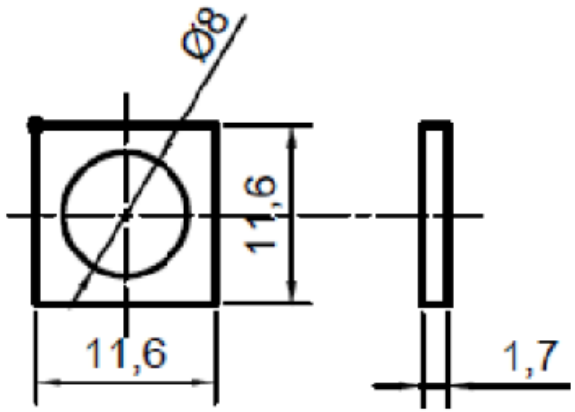
REPLACE DWR N° / REVIS°

DRAWING NUMBER 1

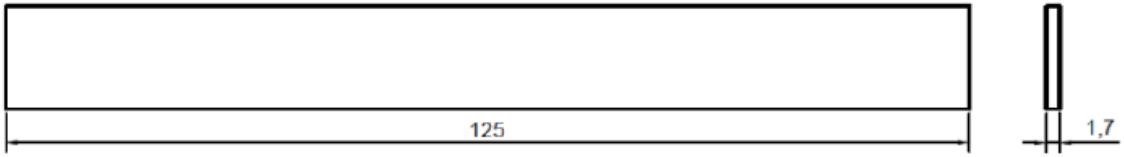
REVISION A



CUSTOMER / PLATFORM / ENGINE / PROJECT TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI				CUSTOMER NUMBER	
REMARK	DATE	8.4.2019		KEY CHARACTERISTICS:	
	DRAWN	Konopková			
	CHECKED	Bureš			
MATERIAL KŘEMENNÉ SKLO: 1.7 mm	SCALE 2:1	FORMAT A4	SHEET	CAD SYSTEM: AutoCAD 2020	
	FIRST ANGLE:			MASS (KG)	
NAME VNĚJŠÍ ČELO					
	REPLACE DWR N° / REVIS°			DRAWING NUMBER 1.1	REVISION A



CUSTOMER / PLATFORM / ENGINE / PROJECT TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI			CUSTOMER NUMBER
REMARK	DATE	8.4.2019	KEY CHARACTERISTICS:
	DRAWN	Konopková	
	CHECKED	Bureš	
MATERIAL KŘEMENNÉ SKLO: 1.7 mm	SCALE 2:1	FORMAT A4	SHEET / CAD SYSTEM: AutoCAD 2020
	FIRST ANGLE:		MASS (KG)
NAME VNITŘNÍ ČELO			
	REPLACE DWR N° / REVIS°		DRAWING NUMBER 1.2 / REVISION A



CUSTOMER / PLATFORM / ENGINE / PROJECT TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI		CUSTOMER NUMBER
REMARK	DATE 8.4.2019 DRAWN Konopková CHECKED Bureš	KEY CHARACTERISTICS:
MATERIAL KŘEMENNÉ SKLO: 1.7 mm		SCALE 1:1 / FORMAT A4 / SHEET / CAD SYSTEM: AutoCAD 2020
NAME BOČNÍ DÍL		FIRST ANGLE: / MASS (KG)
	REPLACE DWR N° / REVIS°	DRAWING NUMBER 1.3 / REVISION A