



# Konstrukce ovíjecího zařízení pro výrobu kompozitního lineárního materiálu

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B2301 – Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* 2301R000 – Strojní inženýrství  
*Autor práce:* **Tomáš Kvasnička**  
*Vedoucí práce:* prof. Ing. Jaroslav Beran, CSc.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Mechanical Engineering ■

# Design of winding equipment for the production of composite linear material

## Bachelor thesis

*Study programme:* B2301 – Mechanical Engineering  
*Study branch:* 2301R000 – Mechanical Engineering

*Author:* **Tomáš Kvasnička**  
*Supervisor:* prof. Ing. Jaroslav Beran, CSc.



Technická univerzita v Liberci  
Fakulta strojní  
Akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Kvasnička**  
Osobní číslo: **S13000381**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Strojní inženýrství**  
Název tématu: **Konstrukce ovíjecího zařízení pro výrobu kompozitního  
lineárního materiálu**  
Zadávající katedra: **Katedra textilních a jed noučelových strojů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte rešerši zařízení na výrobu lineárních materiálů s obsahem nanovláken a rešerši systémů pro upínání příze.
2. Pro vybranou variantu upínacího systému experimentálně určete maximální upínací sílu.
3. Navrhněte způsob ovíjení příze nanovlákný. Proveďte konstrukci ovíjecího zařízení a vytvořte výkresovou dokumentaci.
4. Podle možností ověřte způsob výroby experimentálně.

Rozsah grafických prací: vykresová dokumentace

Rozsah pracovní zprávy: 35 stran, formát A4

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

[1] YALCIN, I., HORÁKOVÁ, J., MIKEŠ, P., SADIKOGLU, T. G., DOMIN, R., LUKÁŠ, D.: *Design of Polycaprolactone Vascular Grafts*, *Journal of Industrial Textiles* published online 23 June 2014,

<http://jit.sagepub.com/content/early/2014/06/23/1528083714540701>

[2] LUKÁŠ, D. a kol.: *Physical principles of electrospinning (Electrospinning as a nanoscale technology of twenty-first century)*, *Textile Progress*, 41 (2009), 59-140, ISSN 0040-5167.

[3] BAŤKA, Ondřej. *Zařízení na výrobu jádrové příze*. Liberec 2015. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra textilních a jednoúčelových strojů.

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Jaroslav Beran, CSc.

Katedra textilních a jednoúčelových strojů


Konzultant bakalářské práce: prof. RNDr. David Lukáš, CSc.

Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů

Datum zadání bakalářské práce: 10. listopadu 2016

Termín odevzdání bakalářské práce: 4. července 2017

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan



prof. Ing. Jaroslav Beran, CSc.  
vedoucí katedry



V Liberci dne 1. března 2017

## **Prohlášení**

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou 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 bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom 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.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

## **Poděkování**

Nejprve bych velmi rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu prof. Ing. Jaroslavu Beranovi, CSc., za ochotu při podávání cenných rad a připomínek k práci. Dále děkuji specialistovi na glaukom primáři očního oddělení doc. MUDr. Janu Novákovi, CSc. FEBO za poskytnutí informací v oblasti očních drenů. Poděkování patří taky panu Ing. Ondřeji Novákovi, Ph.D. za změření vzorků na trhacím stoju. V neposlední řadě moc děkuji své rodině a přátelům za podporu při tvorbě této práce a v průběhu celého studia.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce je zaměřena na konstrukci ovíjecího zařízení pro výrobu kompozitního lineárního materiálu. Podstatou této práce je navrhnout vhodné konstrukční řešení pro upnutí a napnutí jádra, na které se navíjí nanovlákná. Nejprve byl zvolen vhodný způsob zařízení na výrobu lineárních materiálů s obsahem nanovláken. Dále byla navržena konstrukce zařízení. Důležitým parametrem pro efektivní navíjení nanovláken na jádro je vhodná obvodová rychlost a proto byla provedena analýza pomocí balonovacího skriptu v programu MATLAB. Tím se zjistil vhodný poloměr balonu pro efektivní navíjení a snížilo se zatížení motoru. Potom se vybral klešťový systém a zjistila se upínací síla kleští pro jednotlivá jádra. Závěrem byla vytvořena konstrukce ovíjecího zařízení s výkresovou dokumentací.

## **Klíčová slova**

konstrukce, napnutí jádra, upínací zařízení, obvodová rychlost, balonovací skript, ovíjecí zařízení

## **Abstract**

This bachelor thesis is focused on the design of a winding device for the production of a composite linear material. The essence of this work is to design a suitable design solution for the clamping and tensioning of the core on which the nanofibers are wound. First of all, a suitable method for the production of the linear materials containing nanofibres has been chosen. The design of the equipment was also designed. An important parameter for efficient winding of nanofibres on the core is the perimeter velocity and therefore has been analyzed by the balloon script in MATLAB. This establishes a suitable balloon radius for efficient winding and reduces the load of the engine. Then the clamping system was selected to determine the clamping force of the pliers for the individual cores. Finally was made the design of the winding device with drawing documentation.

## **Keywords**

design, core tensioning, clamping device, perimeter velocity, ballooning skript, winding equipment

## Obsah

Poděkování .....	6
Abstrakt .....	7
Klíčová slova .....	7
Abstract .....	7
Keywords.....	7
Seznam použitých značek .....	10
Úvod.....	11
1. Rešerše zařízení na výrobu lineárních materiálů s obsahem nanovláken.....	12
1.1. Lineární vlákenný útvar s pláštěm z polymerních nanovláken obalující nosný lineární útvar tvořící jádro, způsob a zařízení k jeho výrobě .....	12
2. Přehled nejpoužívanějších očních drenů .....	14
3. Návrh konstrukce zařízení .....	18
3.1. Balonování nosného jádra .....	20
3.2. Stanovení velikosti předpětí v programu MATLAB .....	21
3.2.1. Vzorek 1 .....	22
3.2.2. Vzorek 2 .....	24
3.2.3. Vzorek 3 .....	27
3.2.4. Rozsah předpětí nosného jádra pro efektivní navíjení nanovláken ...	29
4. Systémy pro upínání jádra .....	30
4.1. Rešerše vybraných systémů pro upnutí jádra.....	30
4.1.1. Klínové systémy .....	30
4.1.2. Klešťové systémy .....	31
4.1.3. Svěrákové systémy .....	32
5. Experiment pro určení maximální upínací síly vybraného upínacího systému .....	33
5.1. Výběr upínacího systému .....	33



5.2.	Postup měření.....	34
5.3.	Výsledky měření maximální upínací síly.....	35
6.	Konstrukce zařízení .....	38
6.1.	Vyřešení posuvného pohybu a napnutí jádra .....	38
6.1.1.	Vedení.....	38
6.1.2.	Zkouška tahem.....	39
6.1.3.	Navržené zařízení pro regulaci předpětí jádra .....	42
6.2.	Pohonný systém .....	43
	Servomotor .....	43
	Spojka .....	44
	Ložiska.....	44
	Ložiskový domek.....	44
6.3.	Rám .....	45
7.	Experimentální ověření výroby .....	46
	Závěr.....	48
	Literatura .....	49
	Seznam příloh.....	50

## Seznam použitých značek

Min. – minimální

Max. – maximální

Tzv. – takzvaný

Atd. – a tak dále

TB – Tervalonbraided

ChM – Chirafilonmonofilament

Tex – jemnost jádra

Amax [mm] – maximální protažení

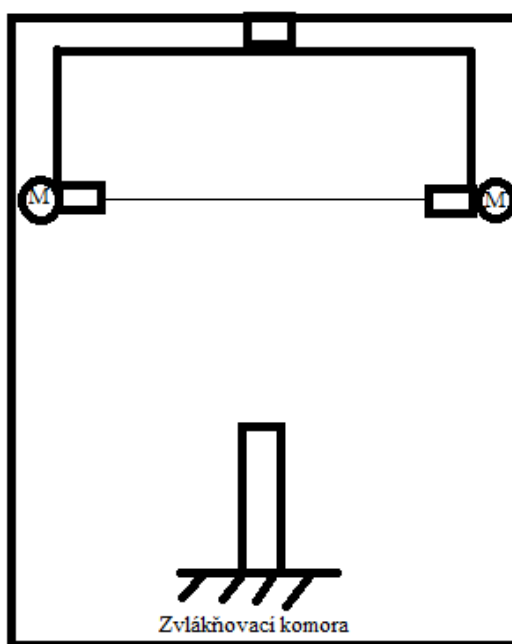
Fmax[N] – maximální síla

Rmax – maximální poloměr balonu

## Úvod

V 21. století se zaznamenal velký rozmach nanovláknenných materiálů v mnoha vědních oborech. Proto je vývoj strojů a struktur k jejich výrobě stále rozvíjen. Hlavní využití je především v medicíně např. cévní náhrady, potravinářství, elektrotechnice dále v oděvnictví a v chemickém průmyslu. Výhodou těchto textilních vláken je jejich jemnost, která je menší než 1 mikrometr a vysokého měrného povrchu.

Tato práce se zabývá výrobou pro medicínské aplikace. Kde vyrobený kompozitní lineární materiál bude použit jako oční dren, s kterým by se měl léčit zelený glaukom. V současné době jsou ceny samotných implantátů velmi vysoké a úspěch použití očních drenů je jen kolem 70%. Proto by se měl vývoj materiálů a zařízení na výrobu stále zdokonalovat. Na obrázku 1 je zobrazen koncept modelu, který je umístěn ve zvlákňovací komoře, kde probíhá technologický proces.



Obrázek 1: Zvlákňovací komora s konceptem, vlastní zpracování

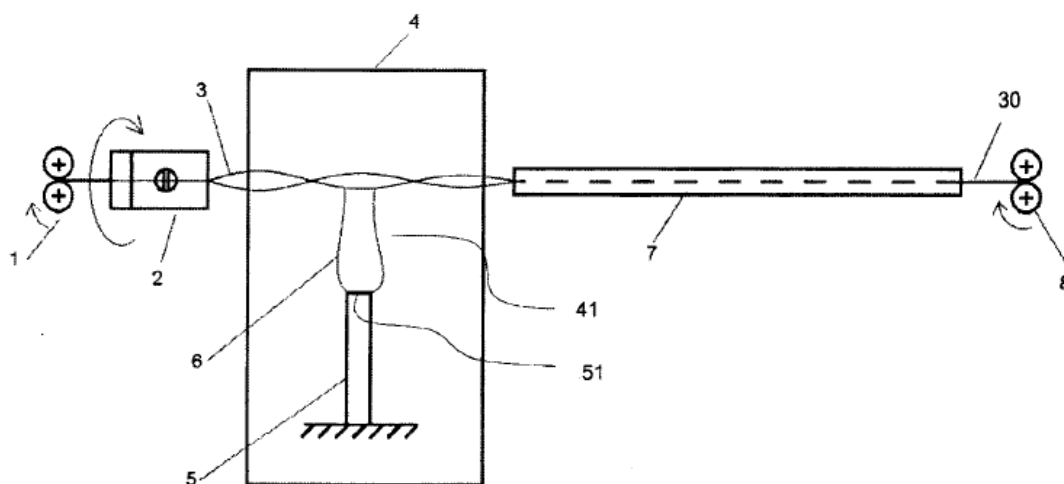
První část práce se zabývá zvolením vhodného zařízení na výrobu lineárních materiálů s obsahem nanovláken a vybráním systému pro upnutí jádra. Poté se experimentálně určí maximální upínací síla systému. Dále je práce věnována návrhu konstrukce zařízení, kde se musí zvolit způsob ovíjení jádra nanovláknny, který je pro výsledný efekt výroby dost podstatný. Pro konstrukci se zhotoví výkresová dokumentace ovíjecího zařízení.

## 1. Rešerše zařízení na výrobu lineárních materiálů s obsahem nanovláken

V této kapitole je popsán vybraný způsob zařízení na výrobu lineárních materiálů s obsahem nanovláken. Pro výrobu lineárních materiálů je použit způsob lineárních vláknenných útvarů s pláštěm z polymerních nanovláken obalujícím nosný lineární útvar tvořící jádro, způsob a zařízení k jeho výrobě, který byl vyvinut Technickou univerzitou v Liberci. Vybraný způsob se hodí i pro výrobu očních drenů.

### 1.1. Lineární vláknenný útvar s pláštěm z polymerních nanovláken obalující nosný lineární útvar tvořící jádro, způsob a zařízení k jeho výrobě

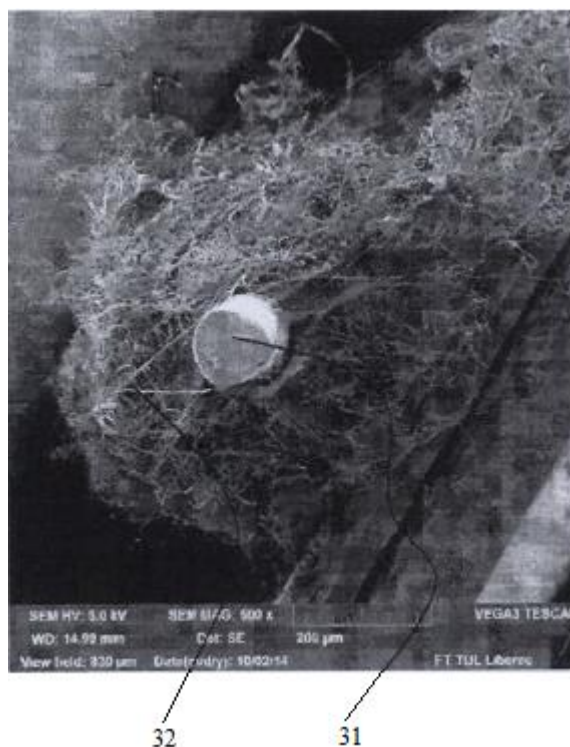
Tento způsob je popsán v patentovém spisu číslo 306 428[2] a znázorněn na obrázku 2. Podávací ústrojí 1 nosného lineárního útvaru 3 vede útvar do zvlákňovací komory 4, která obsahuje alespoň jednu zvlákňovací elektrodu 5 a dále přes sušící a fixační zařízení 7 do odtahového zařízení 8. Zvlákňování probíhá účinkem střídavého napětí.



Obrázek 2: Zařízení na výrobu lineárního vláknenného útvaru, dle [2]

Polymerní nanovlákna obalují nosný lineární útvar 3 tvořící jádro 31 dokončeného lineárního vlákenného útvaru 30 obaleného nanovlákněným pláštěm 32 ve tvaru šroubovice, který je vytvořen ve zvláknovací komoře 4 pomocí nanovlákněné vlečky 6 s uspořádanou strukturou nanovláken vznikající při vysokém střídavém elektrickém napětí. Nanovlákněná vlečka 6, která se mění ve zvláknovacím prostoru 41 na plochý pás s uspořádanou strukturou nanovláken, je přiváděna k obvodu nosného lineárního útvaru 3, který rotuje kolem své osy nebo balonuje alespoň jednou kmitnou ve zvláknovacím prostoru 41. Zařízení na výrobu lineárního vlákenného útvaru dále obsahuje zákrutové zařízení 2.

Na obrázku 3 je zobrazen SEM snímek příčného řezu lineárním vlákenným útvarem podle vynálezu s nosným lineárním tvarem tvořeným monofilem. Nanovlákněný plášť vytvoří trubicový útvar, který se může využít v medicíně například jako nanovlákněná cévní náhrada.

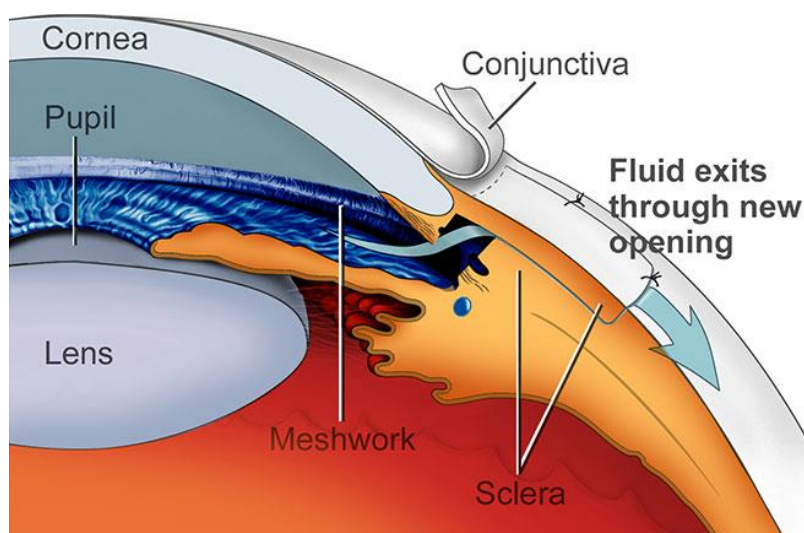


Obrázek 3: SEM snímek lineárního vlákenného útvaru, dle [2]

## 2. Přehled nepoužívanějších očních drenů

Byl osloven specialista na glaukom a oční chirurg doc. MUDr. Jan Novák, CSc. FEBO, primář očního oddělení NPK a.s. Pardubická nemocnice.

Filtrační operace používané u glaukomu používají implantáty statisticky jen v malém procentu. Kolem 90% antiglaukomových operací se provádějí jako klasické modifikace filtrační operace zvané trabekulektomie. Výsledný efekt dlouhodobé normalizace nitroočního tlaku je zde kolem 70%. Operace spočívá ve vytvoření kanálu z přední komory oka do podspojivkového prostoru. Tekutina proudící pod zvýšeným tlakem se vstřebává do episklerálních cév, částečně je filtrována ztenčenou spojivkou a principiálně hlavním odtokovým mechanismem by měl být externalizovaný Schlemmův kanál. Ten ovšem tvoří odtokovou cestu statisticky v menšině případů. Hlavním problémem filtrační chirurgie je uzavření filtračního kanálu nebo, a to ve většině případů, fibrotizace spojivkového puchýře. Zavedení implantátů mělo udržet volnou filtrační cestu do podspojivkového prostoru. Jeho uzavření fibrotizací je zde bráněno samotnou konstrukcí implantátu, minimalizací chirurgického výkonu a tím snížení zánětlivé pooperační reakce vedoucí k nastartování fibrotizace nebo i zde použitím cytostatik či jiných faktorů. [3]

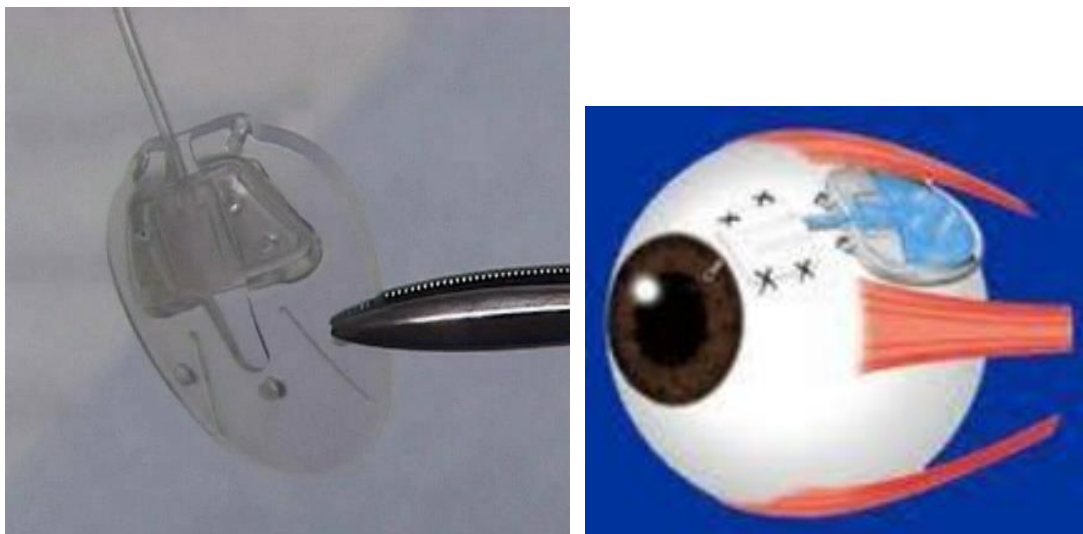


Obrázek 4: Princip filtrační glaukomové chirurgie. Tekutina je odváděna kanálem ve skléře do podspojivkového prostoru, dle [3]

Implantáty se používají od začátku filtrační chirurgie. Zprvu to byla různá vlákna v současné době trubičky či meshe z různých materiálů. Problémem je vysoká cena kolem 1000USD za samotný implantát a konečný efekt operace je úspěch jen kolem 70%.

Operace s drenážními implantáty dnes rozdělujeme na operace prováděné ze zevního přístupu tzv. invazivní a operace z vnitřního přístupu miniinvazivní.

V současné době se nejvíce používají silikonové implantáty složené z trubičky zavedené do přední komory a rozšířené části umožňující odtok tekutiny do prostoru ekvátoru očního bulbu, kde je řídká podspojivková tkáň. Hlavním problémem je nadměrná filtrace, která je řešena přítomností chlopněového uzávěru, který se otvírá jen při určitém tlaku v přední komoře oka. Problémové je proležení stěny bulbu nebo spojivky v okolí filtrační trubičky. Nejdokonalejším představitelem je implantát s Ahmedovou chlopní.



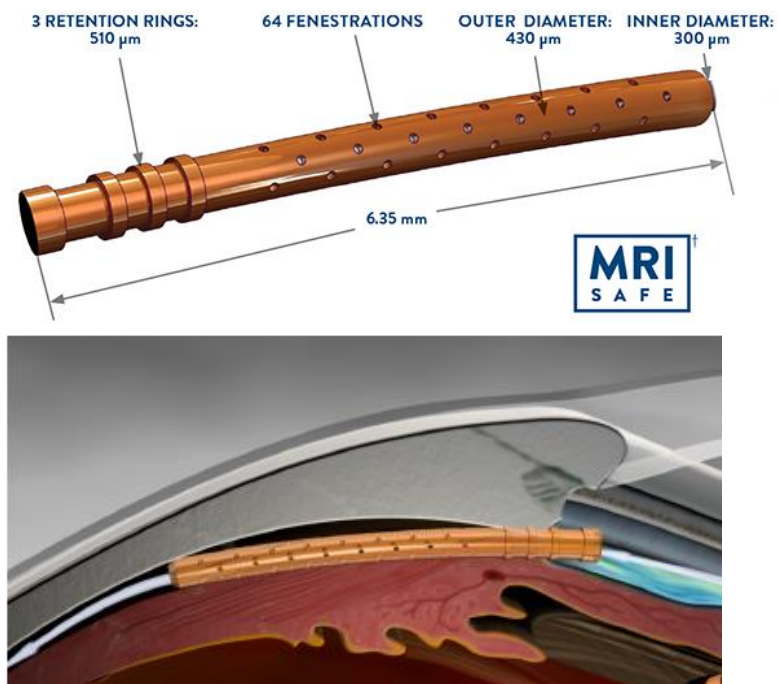
*Obrázek 5 a 6: Silikonová Ahmedova chlopeň*

Dalším systémem jsou ministenty zavedené ze zevního přístupu do přední komory. Příkladem je kovový implantát Ex-Press.



Obrázek 7 a 8: Implantát ExPRESS. Délka 2,64mm

Již miniinvazivním systémem jsou jemné trubičky zaváděné z přední komory přes řasnaté tělísko a ústící do suprachoroidálního prostoru. Představitelem je systém CyPASS.



Obrázek 9 a 10: Miniinvazivní kovový stent CyPASS



Nejnovějším systémem přijatým i FDA je mikrodrenážníminiinvazivní systém Xen Gel Stent. Z přední komory oka je kolagenní gelová trubička zavedena jehlou preformovaným kanálem do podspojivkového prostoru.

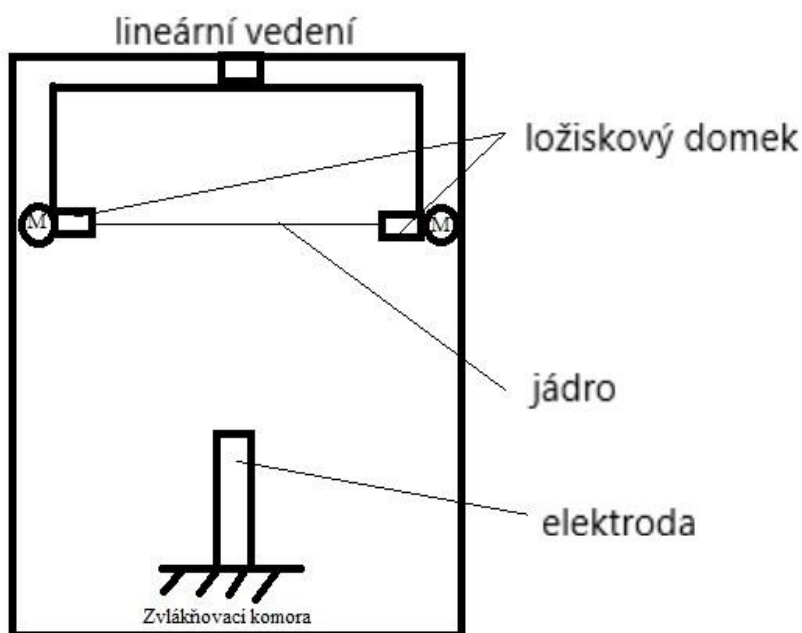


*Obrázek 11 a 12: Miniinvazivní systém XEN*

Efekt těchto implantátů kolísá, jak již zmíněno kolem 70%. Z toho je zřejmá potřeba dalšího vývoje, jak samotných implantačních metodik, tak materiálů pro drenážní chirurgii.

### 3. Návrh konstrukce zařízení

Pro výrobu očních drenů, které se budou vyrábět pomocí metody lineárních vláknenných útvarů s pláštěm z polymerních nanovláken obalujícím nosný lineární útvar tvořící jádro, způsob a zařízení k jeho výrobě je popsán v patentovém spisu číslo 306 428[2] je zapotřebí, aby byl zajištěn vodorovný lineární pohyb a rotační pohyb jádra. Lineární pohyb zajišťuje navíjení nanovláken po celé upnuté délce jádra, která je 0,4 m. Na základě požadavku uživatele byla stanovena minimální délka ovíjení jádra nanovláknem 100 mm. Tento pohyb zajistí lineární vedení. Rotační pohyb nám zajistí dvojice servomotorů, které jsou připojeny k ložiskovému domku, kde je připevněno jádro které se otáčí kolem své osy. Na obrázku 13 je ukázka konstrukce zařízení.



Obrázek 13: Ukázka konstrukce zařízení, dle vlastní zpracování

Pro ovíjení jádra nanovláknem s využitím balonování je potřeba rotační pohyb jádra a regulace s předpětím jádra. Aby jádro začalo balonovat musí se zajistit vyosení jádra z osy rotace. Vytvořený balon se musí pohybovat v určitém rozsahu obvodové rychlosti. Proto zařízení musí být schopné regulovat předpětí jádra. Zařízení musí tedy zajistit vyosení jádra a regulaci předpětí jádra. Velikost předpětí se bude regulovat pomocí posuvného stolu, který je připevněn k ložiskovému domku. Vyosení se zajistí vyosením samotného jádra, které povede skrz otvor mimo osu který je vytvořen na čele hřídele.

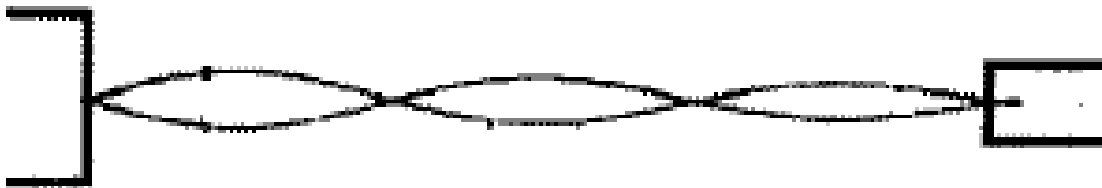
Jádro se může ponechat napnuté i v ose rotace, ale k tomu je zapotřebí vysokých otáček motoru, které mohou při výrobní rychlosti nanovláken 30-60 m/min dosahovat až 50 000 ot/min. Z hlediska velmi vysokých otáček byl návrh zamítnut jako nevhodný. Na obrázku 14 je ukázka nanovláknenné vlečky.



*Obrázek 14: Ukázka nanovláknenné vlečky, dle vlastní zpracování*

### 3.1. Balonování nosného jádra

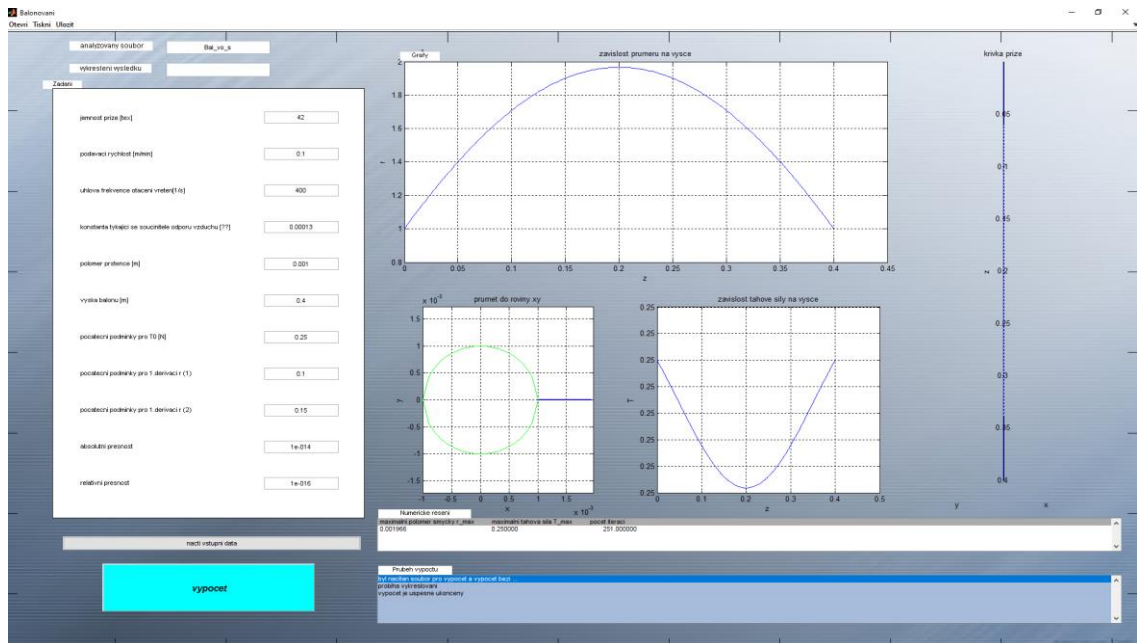
Při vybraném způsobu má jádro při rotaci tvar balonu. Výhodou tohoto ovíjení je snížení otáček motoru díky zvětšenému poloměru jádra. Hlavním parametrem pro vytvoření balonu je vyosení jádra z osy rotace hřídele a díky odstředivé síle začne jádro balonovat. Maximální poloměr balonu závisí na předpětí jádra, s rostoucím napětím jádra se průměr balonu zmenšuje. Poloměr balonu se mění podle osy rotace jádra. Tvar balonu byl určen pomocí balonovacího skriptu v programu MATLAB. Výrobní rychlost se pohybuje kolem 30 m/min. Z toho vyplývá, že navíjecí rychlost na jádro musí být o něco větší. Z experimentů může dosáhnout až 60 m/min, poté dochází k přetržení nanovlákně vlečky. Proto poloměr balonu nesmí překročit maximální a minimální velikost při zvolené hodnotě otáček jádra. Na obrázku 15 je ukázka balonování.



Obrázek 15: Ukázka balonování, dle [2]

### 3.2. Stanovení velikosti předpětí v programu MATLAB

Prvním krokem bylo zapotřebí zjistit požadované hodnoty. Pro každou změnu jedné z hodnot je jiná velikost balonu. Pro tuto bakalářskou práci byla od uživatele stanovena požadovaná minimální délka ovíjená nanovláknny 100mm. V druhém kroku byla pro určenou úhlovou rychlost 4000 ot/min spočtena maximální a minimální velikost balonu s podmínky minimální a maximální navíjecí rychlosti. Maximální a minimální velikost balonu je v rozmezí od 0,00125 m do 0,0025 m. V dalším kroku byla zjištěna jemnost 3 dodaných vzorků nosného jádra. Potom byly stanovené parametry zadány do balonovacího skriptu. Na obrázku 16 je ukázka výstupu s programem pro zjištění tvaru balonu při daném předpětí.



[6][6]

Obrázek 16: ukázka programu, dle [6]

Pro tyto hodnoty se provedl výpočet, aby se zjistilo, jaké by mělo být předpětí jádra.

Zvolené hodnoty:

- : Úhlová frekvence - 400 rad/s,
- : Vyosení - 0,001 m,
- : Délka upnutí (výška balonu) - 0,4 m,
- : Jemnost jádra (vzorek1) – 42 tex,
- : Jemnost jádra (vzorek2) – 336 tex,
- : Jemnost jádra (vzorek3) – 360 tex.

### 3.2.1. Vzorek 1

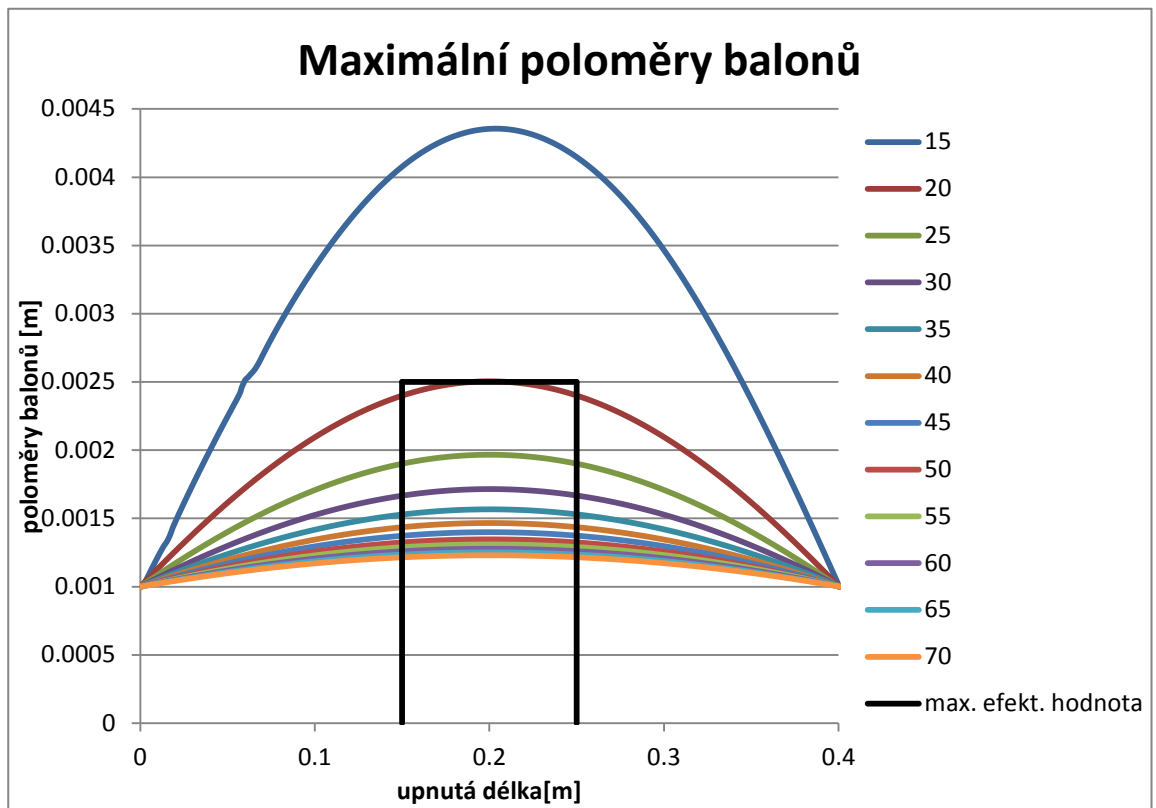
Jako první byl proveden výpočet pro vzorek (Tervalonbraided EP 1,5). Potom následoval druhý vzorek (Chiraflonmonofilament) a třetí vzorek (Tervalonbraided EP 6). Námi požadované rozmezí je mezi 0,00125 m až 0,0025 mm. V následující tabulce 1 je vidět velikost předpětí jádra a dosahovaný poloměr balonu pro zvolené hodnoty.

Tabulka1 : Vzorek 1, dle vlastní zpracování

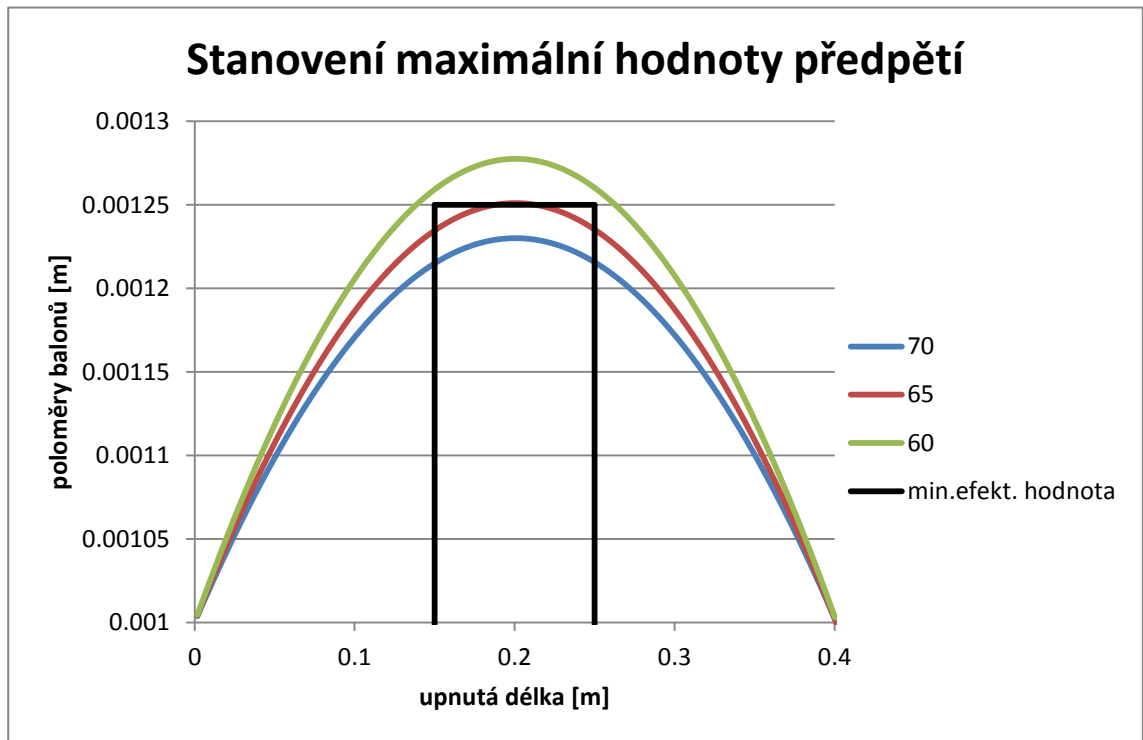
Číslo měření	Poloměr balonu Rmax [mm]	Předpětí vzorku [cN]
1	4,35	15
2	2,5	20
3	1,96	25
4	1,72	30
5	1,57	35
6	1,47	40
7	1,4	45
8	1,35	50
9	1,31	55
10	1,28	60
11	1,25	65
12	1,23	70

Pro tento vzorek byly vypracovány grafy 1 a 2. Graf 1 znázorňuje, jak se bude měnit poloměr balonu pro různá předpětí pro upnutou délku jádra 0,4 m. Z grafu je dále vidět, že napínat jádro pod hodnotu 20cN je pro vybraný systém navíjení nepoužitelný, protože při poloměru balonu nad hodnotu 0,0025 m je dosažená velikost obvodové rychlosti jádra větší než 60 m/min a nanovláknový útvar by se přetrhl. Druhý graf je detail minimálního poloměru balonu pro stanovení maximální hodnoty předpětí pro požadovanou délku očního drenu 100mm. Z druhého grafu je vidět, že předpětí od 65cN a vyšší je pro tento případ vzorku a otáček nepoužitelný, protože poloměr balonu na požadované délce 100mm je nižší než námi dovolené minimální rozmezí. Z tohoto důvodu by se nemělo jádro napínat na více než 60 cN.

Graf 1: Tvary balonů pro různá předpětí (vzorek1), dle vlastní zpracování



Graf 2: Stanovení maximální hodnoty předpětí, dle vlastní zpracování



### 3.2.2. Vzorek 2

Tabulky 2 a 3 pro druhý a třetí vzorek. V následujících tabulkách je vidět, že hodnoty předpětí vzorku dosahují velikosti až 600 cN. Takto vysoké hodnoty jsou dány velkou jemností jádra, která je 8x větší než u prvního vzorku. Pro tyto vysoké hodnoty by byl zapotřebí dostatečně velký rozsah pro regulaci předpětí a proto je volena úhlová rychlost 300 rad/s.

Tabulka 2: Vzorek 2, vlastní zpracování

Číslo měření	Poloměr balonu Rmax [mm]	Předpětí vzorku [cN]
1	2,74	150
2	1,96	200
3	1,66	250
4	1,51	300
5	1,41	350
6	1,35	400
7	1,3	450
8	1,26	500
9	1,23	550

Tabulka 3: Vzorek 3, vlastní zpracování

Číslo měření	Poloměr balonu Rmax [mm]	Předpětí vzorku [cN]
1	3,1	150
2	2,1	200
3	1,75	250
4	1,57	300
5	1,46	350
6	1,38	400
7	1,33	450
8	1,29	500
9	1,26	550
10	1,23	600

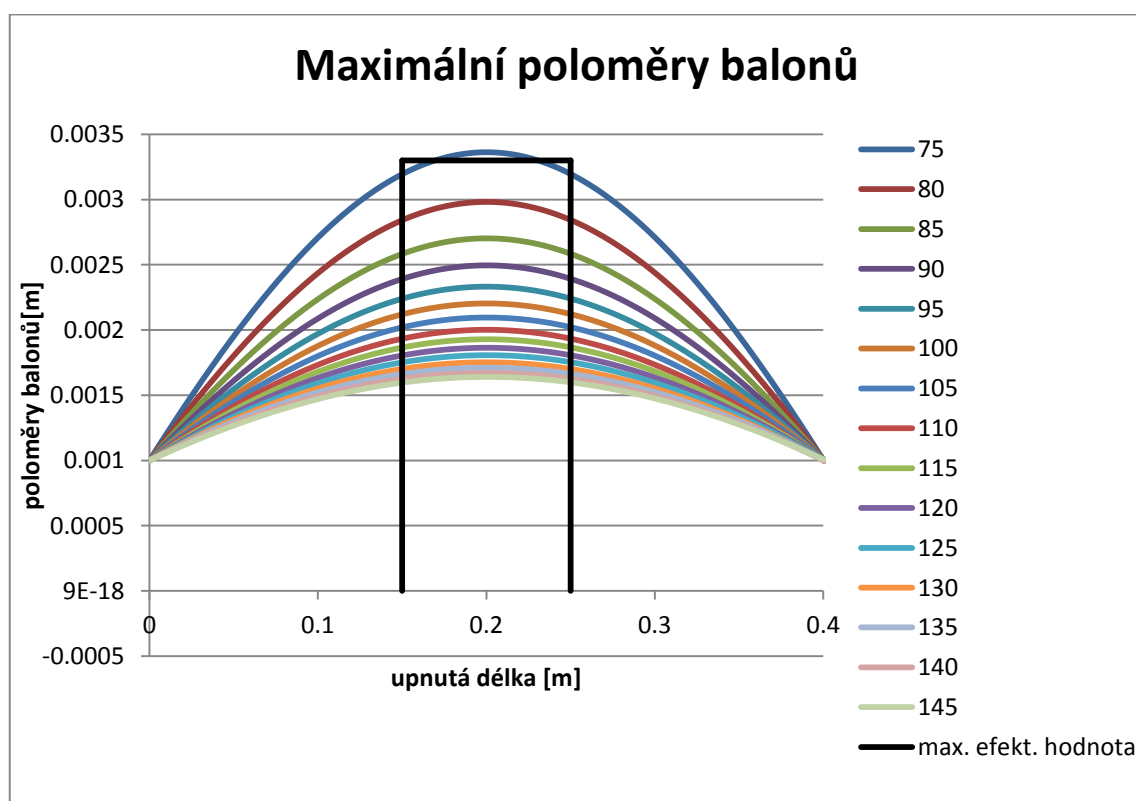
Pro nově zvolenou hodnotu 300 rad/s se musí přepočítat maximální a minimální poloměr balonu. Maximální hodnota je 0,0033 m a minimální hodnota je 0,00165 m. V tabulce 4 je změna poloměrů balonů pro různá předpětí druhého vzorku. V grafu 3 a 4 jsou ukázky balonů s maximální a minimální hodnotou navíjení.



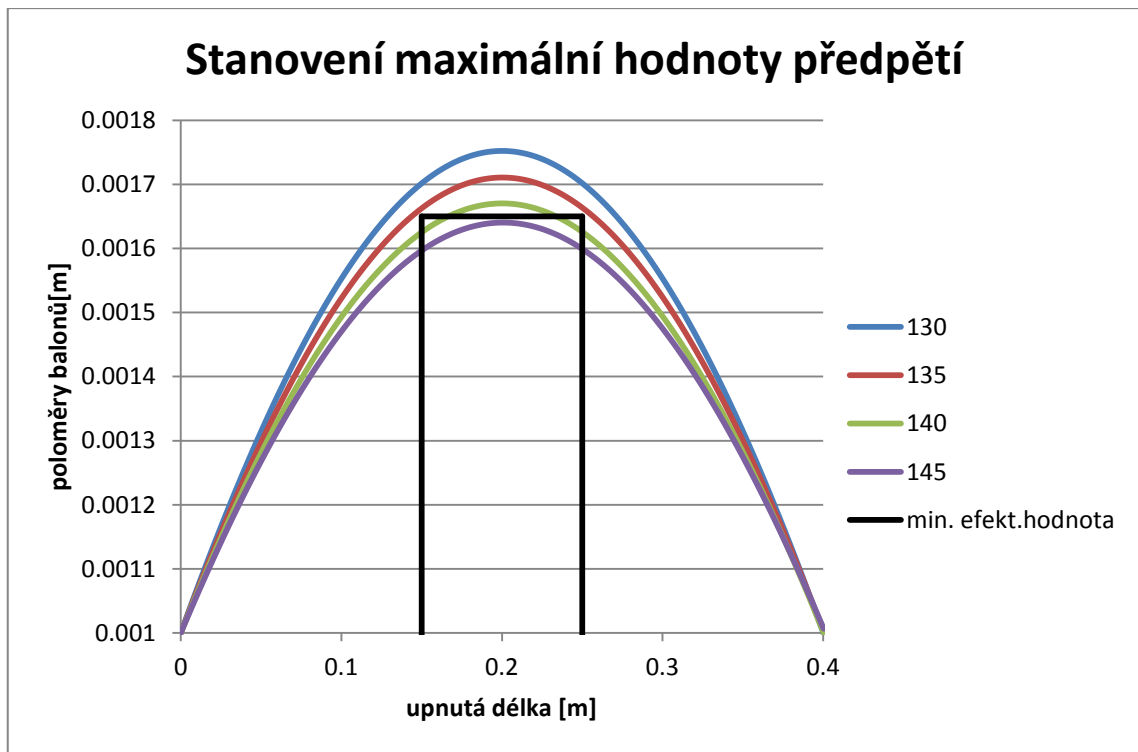
Tabulka 4: Vzorek 2, dle vlastní zpracování

Číslo měření	Poloměr balonu Rmax [mm]	Předpětí vzorku [cN]
1	3,96	75
2	2,98	80
3	2,7	85
4	2,5	90
5	2,33	95
6	2,2	100
7	2,1	105
8	2	110
9	1,93	115
10	1,86	120
11	1,81	125
12	1,75	130
13	1,71	135
14	1,67	140
15	1,64	145

Graf 3: Ukázka balonů pro různá předpětí (vzorek2), dle vlastní zpracování



Graf 4: Stanovení maximální hodnoty předpětí, dle vlastní zpracování



Pro graf 3 opět platí, že napínat jádro pod 80 cN nemůžeme, protože obvodová rychlost by byla větší než 60 m/min a vlákenná vlečka by se přetrhla. Graf 4 je detail minimálního poloměru balonu pro stanovení maximální hodnoty předpětí pro požadovanou délku očního drenu 100 mm. Z grafu vyplývá, že předpětí jádra na více, než 140 cN je nepoužitelné. Proto je zvolen rozsah předpětí pro výrobu tohoto vzorku lineárního materiálu od 80 cN do 135 cN.

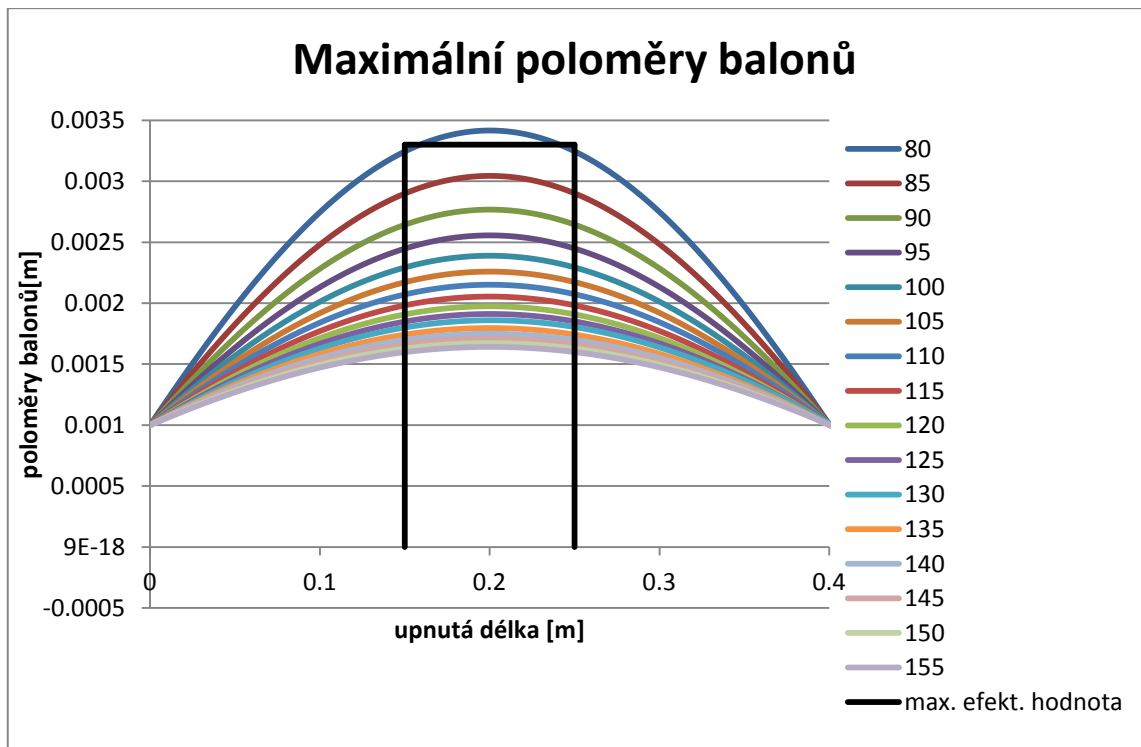
### 3.2.3. Vzorek 3

Nyní je potřeba stanovit hodnoty pro vzorek 3. Tento vzorek má největší jemnost, proto také maximální hodnota předpětí musí být největší. V tabulce 5 je zapsána změna poloměru balonu pro předpětí vzorku 3. V grafu 5 je znázorněna maximální hodnota a je zřejmé, že napínat vzorek pod 85 cN je pro vybraný způsob navíjení nepoužitelné. Graf 6 znázorňuje detail minimálního poloměru balonu pro stanovení maximální hodnoty předpětí pro požadovanou délku očního drenu 100mm, kde pro hodnoty předpětí 150 cN a vyšší je navíjení nanovláken nepoužitelné.

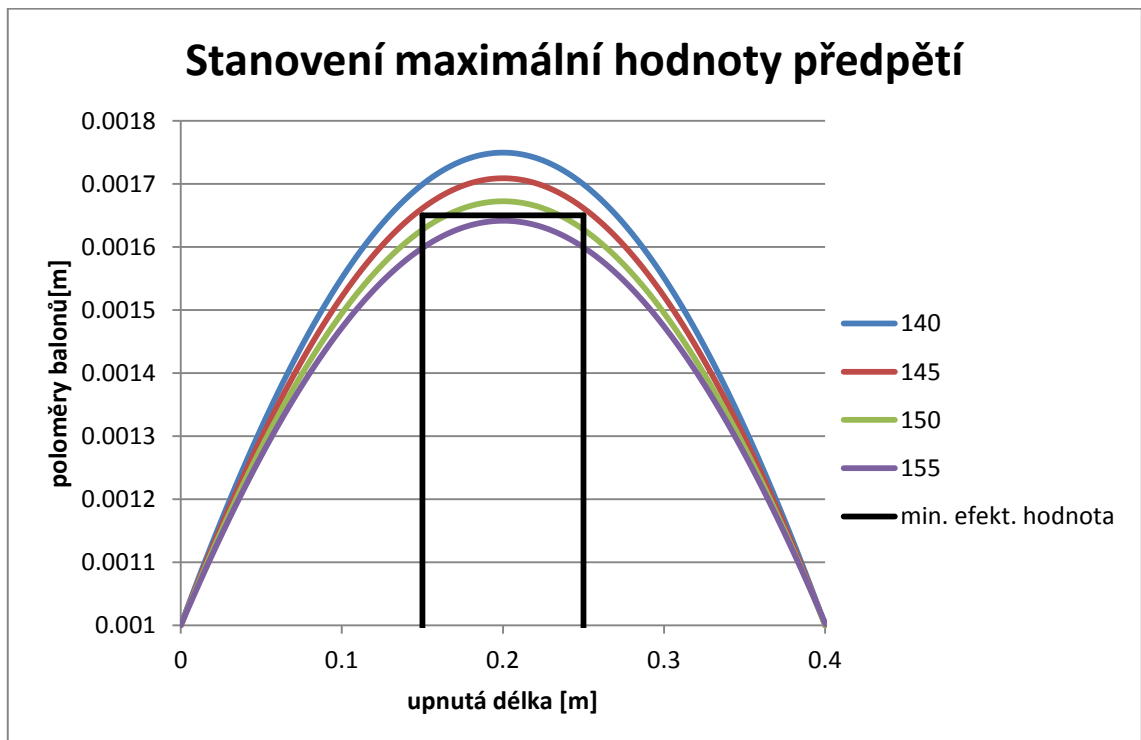
Tabulka 5: Vzorek 3, dle vlastní zpracování

Číslo měření	Poloměr balonu Rmax [mm]	Předpětí vzorku [cN]
1	3,42	80
2	3,04	85
3	2,77	90
4	2,56	95
5	2,39	100
6	2,26	105
7	2,15	110
8	2,05	115
9	1,97	120
10	1,91	125
11	1,86	130
12	1,79	135
13	1,75	140
14	1,71	145
15	1,67	150
16	1,64	155

Graf 5: Ukázka balonů pro různá předpětí (vzorek3), dle vlastní zpracování



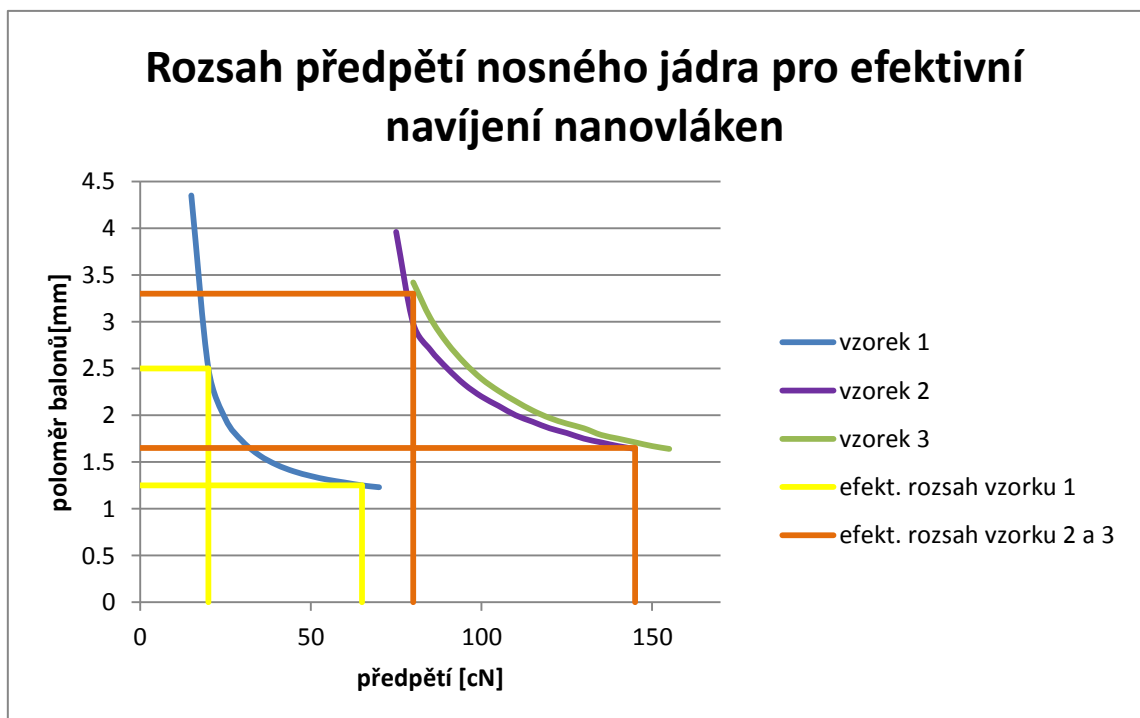
Graf 6: Stanovení maximální hodnoty předpětí, dle vlastní zpracování



### 3.2.4. Rozsah předpětí nosného jádra pro efektivní navíjení nanovláken

Pro stanovené vzorky byl vytvořen graf poloměrů balonů v závislosti na velikosti předpětí. Vzorek 1 je pro úhlovou rychlost 400 rad/s a vzorky 2 a 3 pro 300 rad/s. Žlutá barva vyznačuje rozsah navíjení nanovláken pro vzorek 1. Oranžová barva vyznačuje rozsah předpětí pro vzorky 2 a 3, které můžeme sjednotit, protože mají přibližně stejnou jemnost. V grafu je změna poloměru balonů pro různé předpětí. Hodnoty které jsou mimo daný rozsah by neměly být použity při nanášení nanovláken.

Graf 7: Rozsah předpětí nosného jádra pro efektivní navíjení nanovláken, dle vlastní zpracování



## 4. Systémy pro upínání jádra

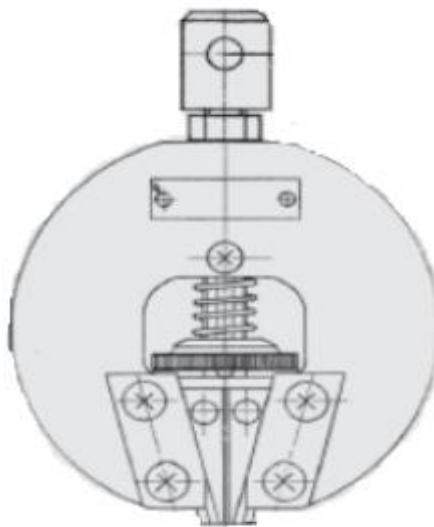
### 4.1. Rešerše vybraných systémů pro upnutí jádra

Tato část se bude zabývat systémy pro upnutí jádra. Pro upnutí jádra se používají různé konstrukční upínací prvky. V bakalářské práci se čerpala inspirace na základě systému na upínání lineárních textilií. Jádro je zajištěno pomocí svěru mezi dvěma čelistmi. Bylo vybíráno z mnoha parametrů, jako je velikost, váha, funkčnost, rychlost upínání a v poslední řadě taky design.

Systémy pro upnutí jádra můžeme rozdělit na mechanické, pneumatické a hydraulické. Pro tuto bakalářskou práci byla vybrána mechanické systémy jako nejekonomičtější varianta.

#### 4.1.1. Klínové systémy

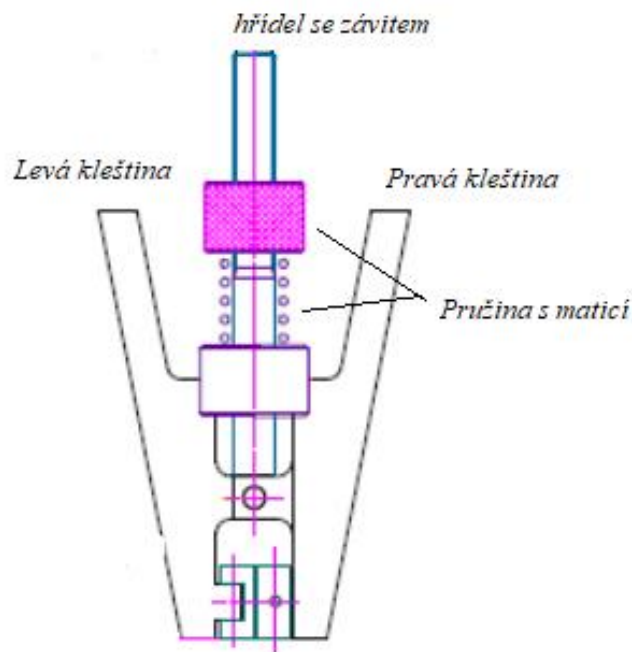
Klínový systém čelistí je nejpopulárnější díky narůstající síle stisku při narůstající síle v tahu. Hlavní upínací síly je dosaženo pomocí klínového účinku. Klínové upínací čelisti se symetricky zavírají. Tím se vzorek polohuje v ose tahu. Vložky se mohou vysunout z čelistí a díky tomuto principu mají větší sílu předpětí při upínání. Výhodou je, že vzorek, který by mohl prokluzovat je od začátku upnut větší silou. Další výhodou je rychlé a snadné upnutí. Nevýhodou těchto systémů je velký rozměr a hmotnost systému. Na obrázku 17 je ukázka klínové upínací čelisti. [8]



Obrázek 17: Klínové upínací čelisti, dle [8]

#### 4.1.2. Klešťové systémy

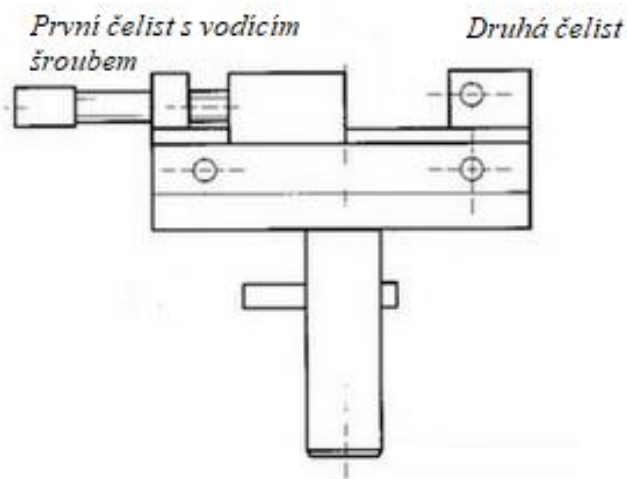
Tyto samosvorné klešťové čelisti se v nejjednodušším případě skládají ze dvou hlavních částí: pravá a levá kleština. Kleštiny jsou k sobě připojeny pomocí čepu. Tento systém má skoro neomezenou životnost a téměř se neopotřebovává. Tlakové síly mezi čelistmi jsou využity k pevnému stisku jádra, které dosahují několika newtonů. Tato síla se může snadno nastavit pomocí pružiny a matice, která je umístěna v horní části na hřídelce. Pro tuto bakalářskou práci má matice i další výhodu a to, že se může použít jako kontra matice pro bezpečné zajištění klešťových čelistí. Na konci hřídelky je umístěn závit pro snadné zašroubování do hřídele nebo dalších příslušenství. Tyto kleště mají několik výhod. První výhodou je jejich velikost, protože jsou skladné a mohou se použít do malých konstrukcí. Druhou výhodou je nízká váha, která je jen několik desítek gramů. Další výhodou je symetričnost a snadná manipulace pro upnutí a odepnutí jádra. Nevýhodou tohoto systému je nejmenší upínací síla z vybraných systémů. Na obrázku 18 je ukázka klešťových čelistí. [8]



Obrázek 18: Klešťové čelisti, dle [8]

### 4.1.3. Svěrákové systémy

Svěrákové mechanické systémy jsou jedna z nejstarších používaných konstrukcí. Tento systém funguje na principu utahování šroubu. První čelist je přichycena k vodícímu šroubu, a pokud dojde k utahování šroubu, tak se začne přibližovat k druhé čelisti, která stojí na místě. Následně dochází k tlakové síle a upnutí jádra. V dalších variantách se může pohybovat i druhá část, která je stejně jako první opatřena vodícím šroubem. První výhodou je, že jedna z částí se může vyměnit za čelist s drážkou pro vycentrování a zajištění jádra do středu osy. Mezi další výhody svěráku patří větší upínací síla než u klešťového systému a snadná obsluha. Nevýhodou tohoto systému je váha, velikost a v mnoha případech taky nesymetričnost. Na obrázku 19 je ukázka svěrákových čelistí. [8]



Obrázek 19: Svěrákové čelisti, dle [8]



## 5. Experiment pro určení maximální upínací síly vybraného upínacího systému

Tento experiment je důležitý pro stanovení max. upínací síly, která může být použita pro rozsah předpětí jádra. Experiment probíhal na katedře jednoúčelových a textilních strojů. Před experimentem byl vybrán upínací systém. Dále se postavilo zařízení pro zkoušku a až po té proběhl experiment. Maximální upínací síla se experimentálně ověřila pro tři již vybrané vzorky. Test pro zjištění maximální upínací síly se provedl pro deset měření.

### 5.1. Výběr upínacího systému

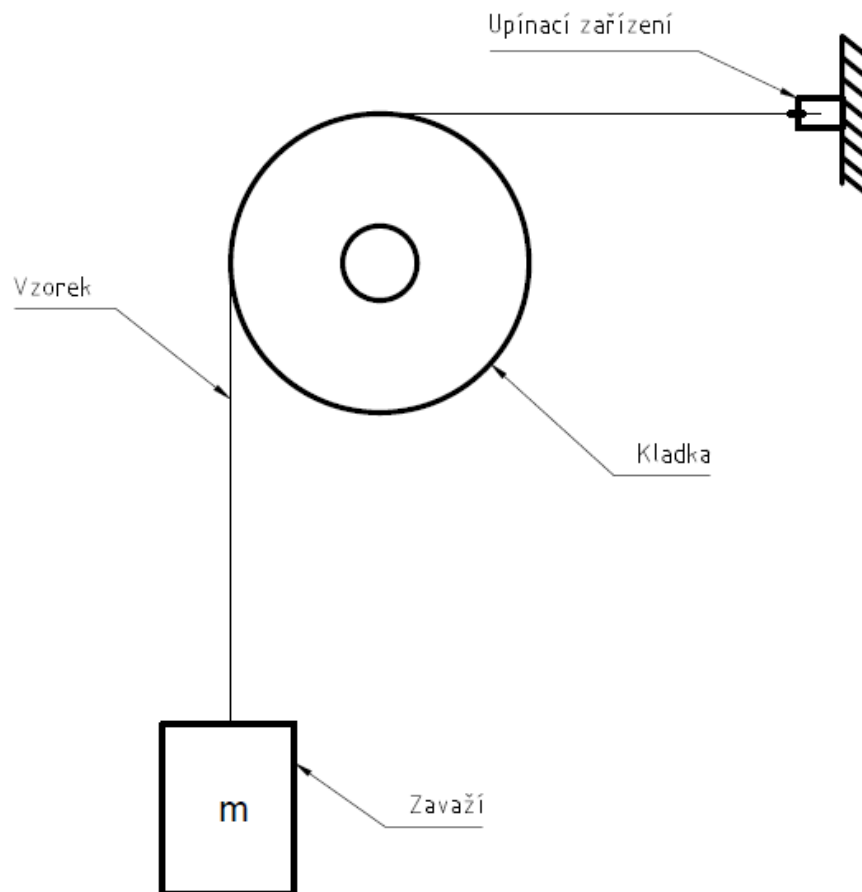
Na základě provedené rešerše byl zvolen klešťový systém, který je s uvedených systémů nejmenší, nejsymetričtější s dostatečnou upínací silou. Zároveň je nejrychlejší v upnutí a odepnutí vzorku. Na obrázku 20 je ukázka vybraného klešťového systému, s kterým byl prováděn pokus.



Obrázek 20: Klešťový systém, dle vlastní zpracování

## 5.2. Postup měření

Pro experiment se sestavila jednoduchá konstrukce zařízení. Toto zařízení obsahovalo kladku s minimální třecí ztrátou a kalibrovaná závaží. Vzorek se upnul do klešťového systému, který byl pevně přichycen do zařízení. Ke vzorku se postupně připevňovala jednotlivá závaží o různé hmotnosti. Následně se nenapnutý vzorek se závažím pomalu spouštěl přes kladku do úplného napnutí jádra. Hmotnost závaží se zvyšovala, dokud se jádro neuvolnilo z upínacího systému. Obrázek 21 ukazuje schéma zařízení.



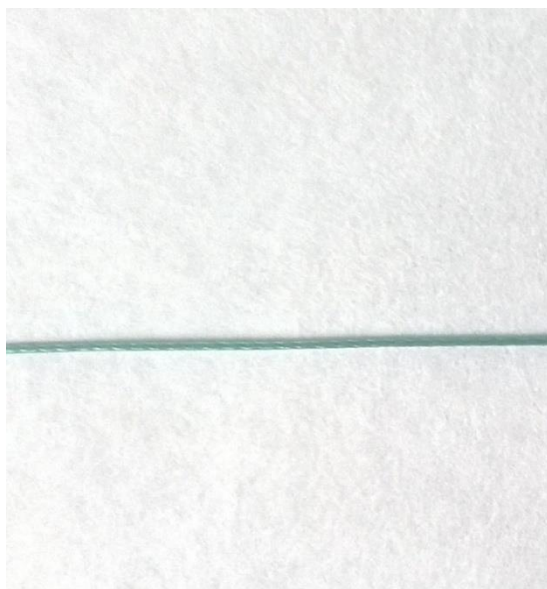
Obrázek 21: Schéma zařízení, dle vlastní zpracování

### 5.3. Výsledky měření maximální upínací síly

Pro zkoušku byly použity opět vzorky od firmy CHIRMAX. První zkouška byla provedena pro jádro Tervalonbraided EP1,5 (obrázek 22), která je vyrobena z polyethyleneterephthalatu (poliester). Druhá zkouška byla prováděná se vzorkem Chirafilonmonofilament (obrázek 23). Tento vzorek je vyroben z polyvinylidendifluoridu (polifluorekwinylidenu). Třetí zkouška proběhla se vzorkem Tervalonbraided EP6 (obrázek 24). Tento vzorek je vyroben stejně jako první z polyethyleneterephthalatu (poliester), ale má větší průměr. V tabulkách 6,7 a 8 jsou uvedeny zavěšené hmotnosti na jádro a výsledky měření.

Tabulka 6: Zavěšená hmotnost závaží v klešťovém systému, dle vlastní zpracování

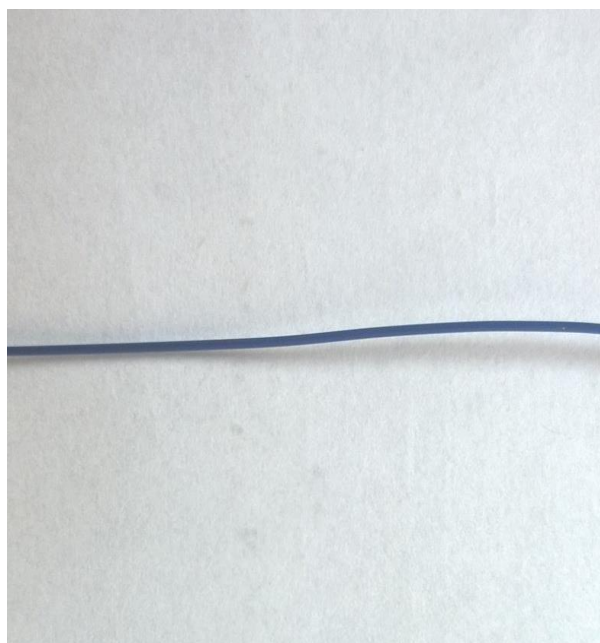
Číslo měření	závaží [g]
1	260
2	261
3	262
4	263
5	264
6	265
7	266
8	267
9	268
10	269
Prům. hodnota	264,5



Obrázek 22: Ukázka jádra Tervalonbraided EP1,5, dle vlastní zpracování

Tabulka 7: Zavěšená hmotnost závaží v klešťovém systému, dle vlastní zpracování

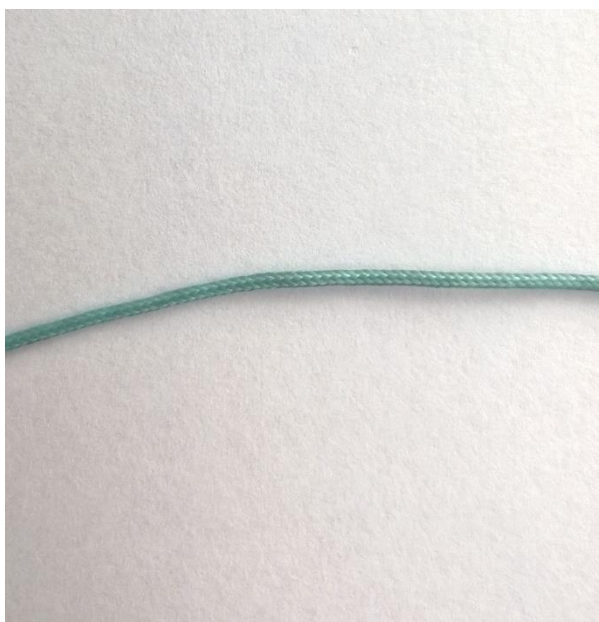
Číslo měření	závaží [g]
1	192
2	193
3	194
4	195
5	196
6	197
7	198
8	199
9	200
10	201
Prům. hodnota	196,5



Obrázek 23: Ukázka jádra Chiraflonmonofilament, dle vlastní zpracování

Tabulka 8: Zavěšená hmotnost závaží v klešťovém systému, dle vlastní zpracování

Číslo měření	závaží [g]
1	219
2	220
3	221
4	222
5	223
6	224
7	225
8	226
9	227
10	228
Prům. hodnota	223,5



Obrázek 24: Ukázka jádra Tervalonbraided EP6, dle vlastní zpracování

V prvním měření se z průměrné hodnoty jednotlivých výsledků zjistilo, že klešťový upínací systém u prvního vzorku dokáže udržet závaží o hmotnosti 264,5 g což je 264,5 cN. Z tabulky 2 je vidět, že průměrná hodnota druhého vzorku je 196,5 g. To je 196,5 cN. Průměrná hodnota třetího vzorku je 223,5 g což je 223,5 cN. Naměřené výsledky jsou pro tuto bakalářskou práci dostačující, protože maximální předpětí jádra bude do 145cN.

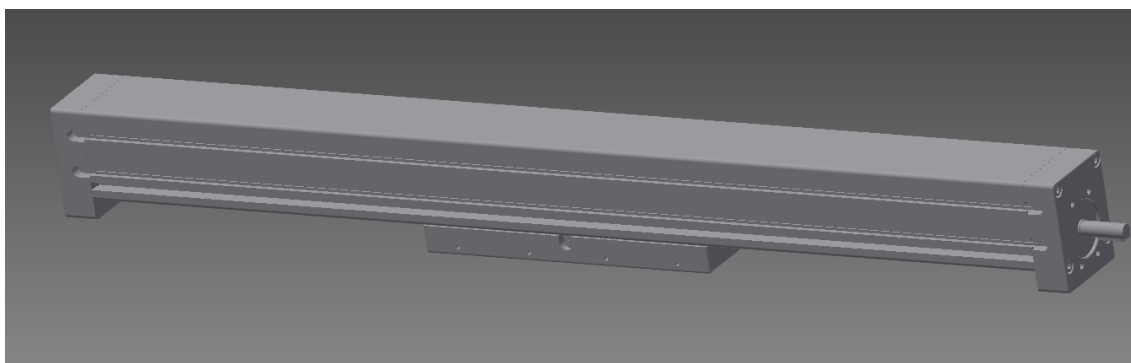
## 6. Konstrukce zařízení

V této práci byl konstrukčně navržen posuv jádra a napnutí jádra. Posuv byl vyřešen pomocí lineárního vedení, ke kterému je připevněn vozík, který se pohybuje po vodorovné ose. Pro vyřešení napnutí jádra bylo zapotřebí vymyslet a zhotovit zařízení pro napnutí jádra. Pro volbu poloměru balonu bylo potřeba splnit podmínku, aby navržené zařízení bylo schopné regulovat předpětí jádra. V konstrukci zařízení pro regulaci napínání jádra byl proveden další test. Vzorky byly podrobeny zkoušce v tahu, ke zjištění jejich protažení při napínání a k ověření jestli nedojde k jejich přetrhu pro požadovaný rozsah předpětí. Následně se zvolil pohonný systém, ve kterém je elektromotor, spojka, ložiska a konstrukčně se navrhl ložiskový domeček. Nakonec se sestavil rám, který se zavěsil na vedení. V konstrukci se nesmělo zapomenout na bezpečnost obsluhy, symetrii součástí, které konají rotační pohyb a váhu zařízení. Proto všechny vyráběné součásti budou z duralu.

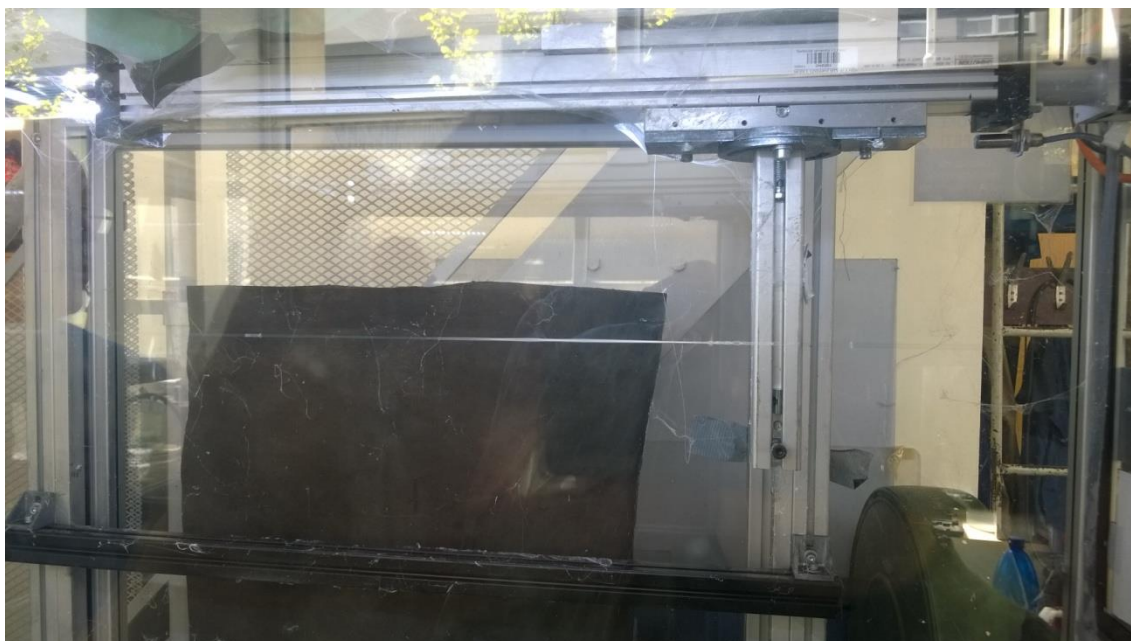
### 6.1. Vyřešení posuvného pohybu a napnutí jádra

#### 6.1.1. Vedení

Posuvný pohyb byl vyřešen pomocí lineárního vedení drylin® N typu NK02-17-01. Toto vedení splňuje dostatečnou délku pohybu s vysokou nosností. Vozík má minimální rozměry je samomazný a zaručuje tichý provoz. Vedení je již zakoupeno a nainstalováno do zvlákňovací komory. Na obrázku 25 je ukázka vedení. Na obrázku 26 je lineární vedení, které je uvnitř zvlákňovací komory.



Obrázek 25: Lineární vedení NK02-17-01, dle vlastní zpracování



*Obrázek 26: Lineární vedení uvnitř zvlákňovací komory, dle vlastní zpracování*

### **6.1.2. Zkouška tahem**

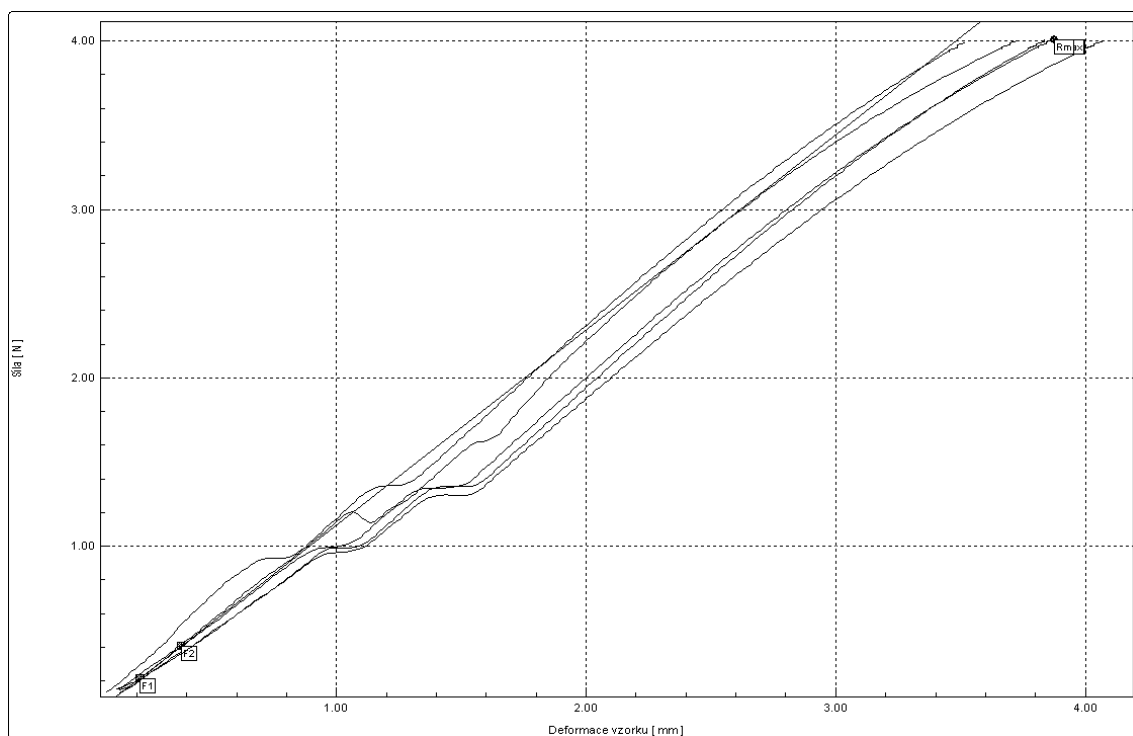
Před návrhem zařízení pro napínání jádra byla provedena zkouška tahem pro jednotlivé vzorky. Zkouška proběhla na katedře netkaných textilií a nanovlákněných materiálů v laboratoři mechanických vlastností na trhacím stroji firmy LaborTech. Jednotlivé vzorky byly podrobeny zkoušce v tahu, aby se zjistilo jejich protažení při daném zatížení. Ve zkoušce byla nastavena upínací délka 250 mm podle ČSN 80 0701 s tažnou silou do 4 N. Větší síla je pro tuto zkoušku zbytečná, protože maximální síla pro napnutí jádra bude do 1,45 N. Zkouška proběhla pro každé měření 5x.

Vzorek 1 je Tervalonbraided EP1,5. Tento vzorek se průměrně protáhl o 1,49 %, což je 3,73 mm při maximálním zatížení 4 N. Graf 8 znázorňuje prodloužení vzorku při daném zatížení. Z grafu je vidět, že vzorek 1 má skoro lineární průběh protažení. Měřený vzorek by se měl maximálně napínat do 60 cN to znamená, že se protáhne asi o 0,6 mm. V tabulce 9 je zapsáno protažení v milimetrech, procentech a taky maximální síla napnutí.

Tabulka 9: Vzorek 1, dle vlastní zpracování

Zkouška	Amax[mm]	Amax[%]	Fmax[N]
1	3,47	1,39	3,99
2	3,73	1,49	4,01
3	3,79	1,52	4,01
4	3,99	1,59	4,01
5	3,67	1,47	4
<b>Průměrná hodnota</b>	<b>3,73</b>	<b>1,49</b>	<b>4</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>0,19</b>	<b>0,08</b>	<b>0,01</b>

Graf 8 : Protažení vzorku 1



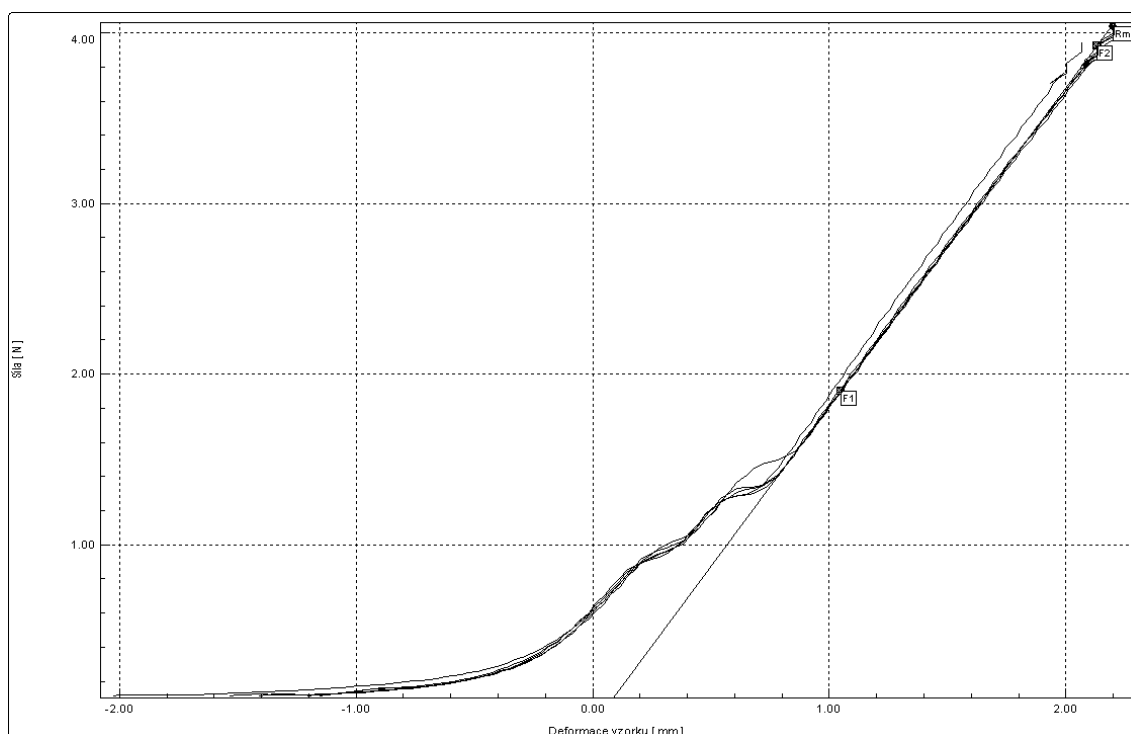
Vzorek 2 je Chiraflonmonofilament. Vzorek 2 se nepodařilo upnout ve volném stavu do trhačky z důvodu jeho zkroucení. Proto měření začíná v záporné hodnotě. Průměrné protažení je 1,48 % to znamená 3,7 mm na upnutou délku 250 mm. Tento vzorek se bude používat do maximální síly 135 cN, při které se protáhne asi o 2,5 mm. V tabulce 10 jsou zapsány výsledky měření o kolik se daný vzorek protáhne. Graf 9: Protažení vzorku 2



Tabulka 10: Vzorek 2, dle vlastní zpracování

Zkouška	Amax[mm]	Amax[%]	Fmax[N]
1	3,79	1,51	4,05
2	3,45	1,38	4,04
3	4,28	1,71	4,02
4	3,68	1,47	4,01
5	3,28	1,31	3,94
Průměrná hodnota	3,7	1,48	4,01
Směrodatná odchylka	0,38	0,15	0,04

Graf 9: Protážení vzorku 2

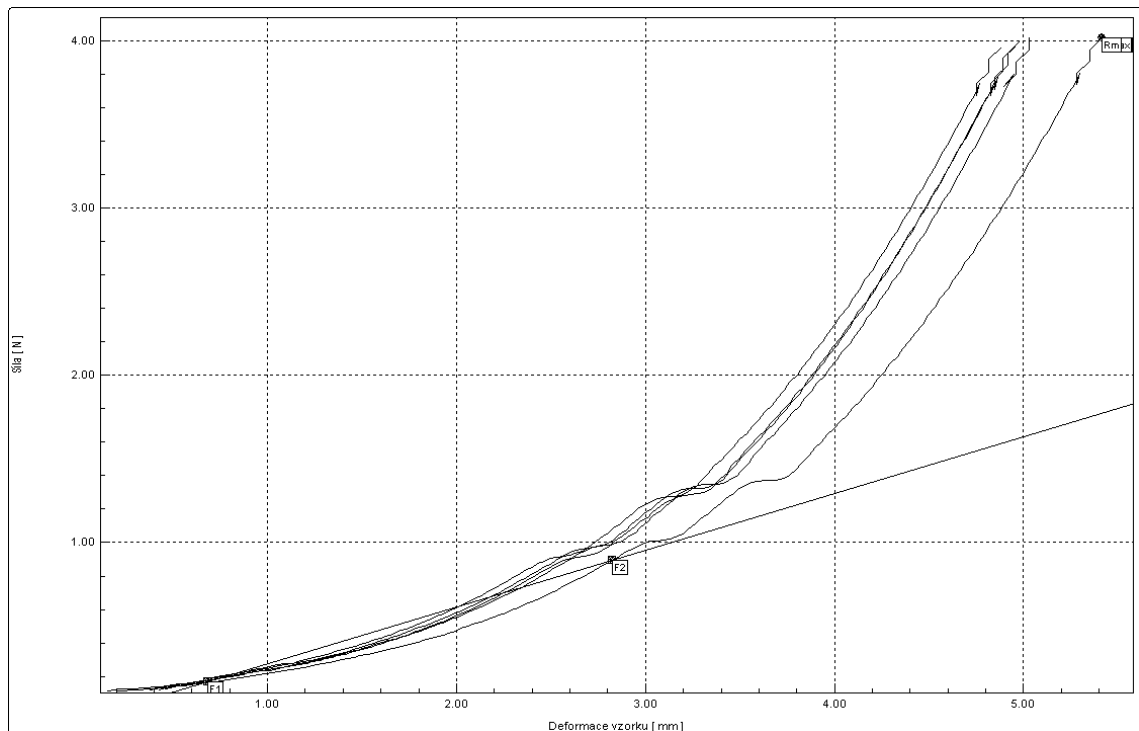


Vzorek 3 je Tervalonbraided EP6. Tento vzorek je z výše měřených nejpružnější, a proto se protáhl o největší hodnotu. Průměrná hodnota protažení je 1,91 %, což je 4,79 mm. V grafu 10 je vidět, že vzorek má největší protažení ze začátku napínání. Maximální hodnota předpětí pro navíjení nanovláken je 145 cN to je asi 3,4 mm. V tabulce 11 jsou výsledky měření pro vzorek 3.

Tabulka 11: Vzorek 3, dle vlastní zpracování

Zkouška	Amax[mm]	Amax[%]	Fmax[N]
1	4,85	1,94	3,97
2	5,29	2,12	4,02
3	4,48	1,79	3,96
4	4,65	1,86	4
5	4,65	1,86	4,02
Průměrná hodnota	4,79	1,91	3,99
Směrodatná odchylka	0,31	0,12	0,03

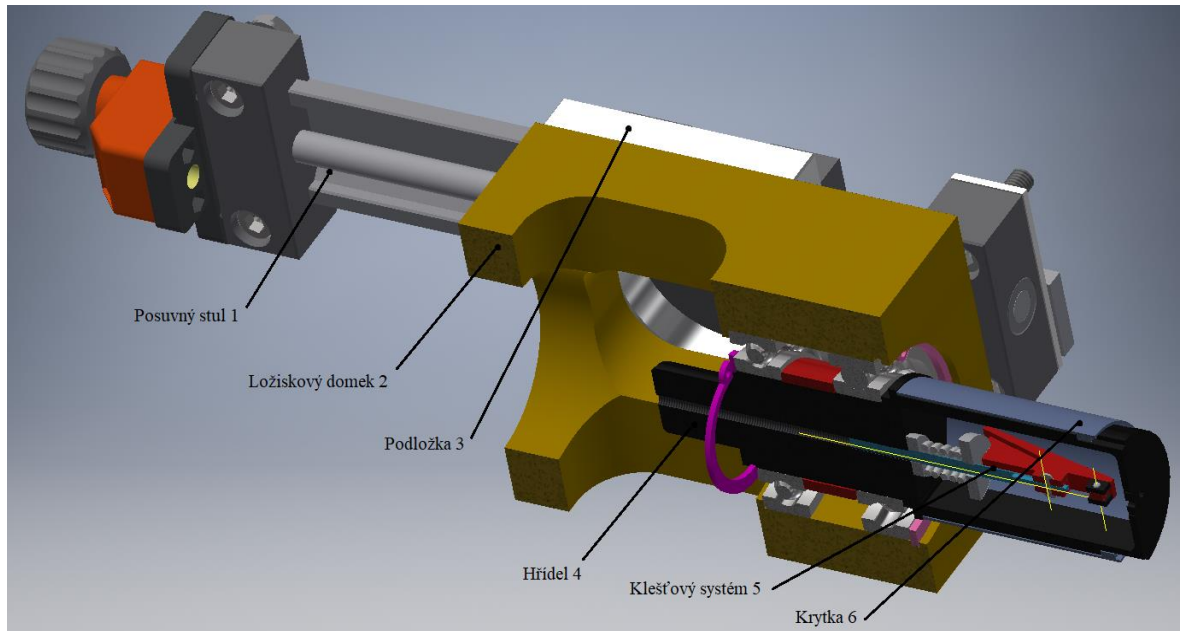
Graf 10: Prodloužení vzorku 3



### 6.1.3. Navržené zařízení pro regulaci předpětí jádra.

Regulovat předpětí jádra stačí jen na jedné straně konstrukce. Touto stranou se zvolila levá strana. Na této straně bude posuvný stůl 1, který je připevněn k rámu. K posuvnému stolu 1 je připevněna podložka 3 s ložiskovým domkem 2 ve kterém je hřídel 4. Uvnitř hřídele je našroubovaný klešťový systém 5. Pro bezpečnost obsluhy je

na hřídel 4 nasunuta krytka 5. Předpětí jádra se bude řídit pomocí posuvného stolu, který má kolečko k ručnímu ovládání posuvu. Na pravé straně je pouze ložiskový domek s klešťovým systémem, hřídelí a krytkou. Na pravé a levé straně je na čele hřídele vyvrtaný otvor, který je ve vzdálenosti 1 mm od osy.



*Obrázek 27: Zařízení pro regulaci předpětí jádra, dle vlastní zpracování*

## 6.2. Pohonný systém

Posuvný systém byl navržen s ohledem na vysokou frekvenci otáčení jádra.

### Servomotor

Zvolený servomotor je B&R 8LSA25. Tento servomotor byl zvolen, protože parametry vyhovují požadavkům na vysoké otáčky a mají synchronizovaný pohyb. Pro konstrukci ovíjecího zařízení jsou potřeba dva servomotory. Každý bude připevněn na jedné straně. Servomotory se musí rozbíhat a běžet synchronně se stejnými otáčkami. Jinak by se jádra překroutila a následně přetrhla. Synchronizace servomotoru bude zajištěna elektronickým řídicím systémem.

## Spojka

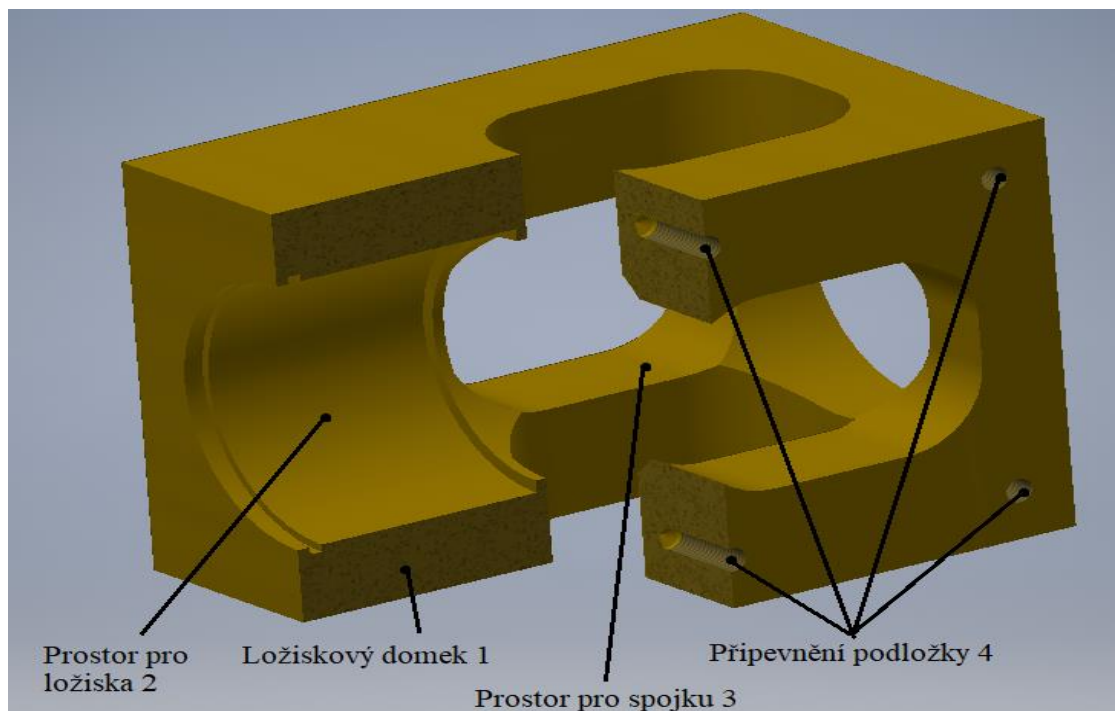
Byla zvolena pružná bezvúlová spojka BK2 s hliníkovým upínacím nábojem od firmy REM – Technik s.r.o.. Jak uvádí výrobce, tento typ spojek je vhodný pro vysoký a přesný přenos rotačního pohybu. Spojka se připevňuje svěrným spojem. 0

## Ložiska

Ložiska byla vybrána z katalogu firmy SKF. Jedná se o jednořadá kuličková ložiska s jednostranným krytem SKF 6006-Z. Ložiska se hodí pro vysokou frekvenci otáčení. 0

## Ložiskový domek

Na obrázku 28 je ukázka ložiskového domku 1. V tomto ložiskovém domku 1 je vytvořený prostor pro ložiska 2 a pružnou spojku 3. Tyto komponenty jsou schovány uvnitř domku 1. Vzadu jsou na domku vytvořeny díry pro šrouby M5, které slouží k připevnění motoru. Otvory kolem spojky 3 jsou vytvořeny pro odlehčení systému a také pro připevnění spojky. Díry označené číslem 4, které se nachází u prostoru pro spojku 3 jsou pro připevnění ložiskového domku k podložce s posuvným stolem. Tyto díry mají průměr M6.



Obrázek 28: Ložiskový domeček, dle vlastní zpracování

### **6.3. Rám**

Rám je složen z hliníkových Profilů 8 40x40 L a má tvar písmene U. Délka rámu je 0,82 m a hloubka 0,22 m. Tyto rozměry jsou dostatečné pro potřebnou vzdálenost mezi upínacími systémy. Rám bude zavěšen na vedení s vozíkem, kde bude konat vodorovný posuv.

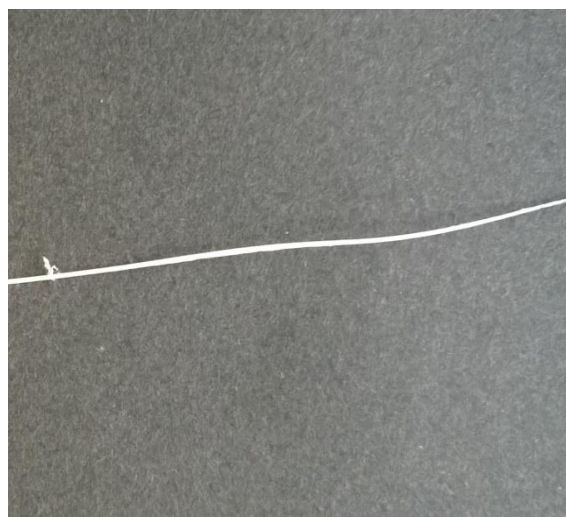
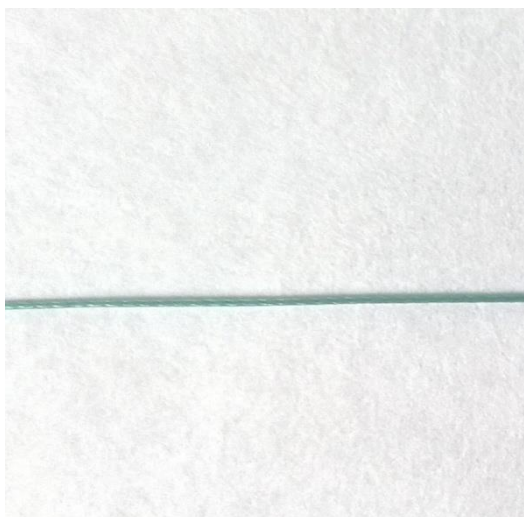
## 7. Experimentální ověření výroby

Cílem experimentu bylo ověřit, zda by navržené konstrukční řešení bylo schopno realizovat ovíjení jádra s využitím balonování. Toto zařízení se nestihlo postavit. Proto byl proveden alespoň podobný experiment, který proběhl v laboratoři, kde je řešen projekt nanovláknenné materiály pro tkáňové inženýrství. Pro tento experiment se upnulo jádro na vzdálenost cca 4,5 m a ručně se nastavilo předpětí jádra. Při běhu stroje se podařilo vyvolat balonování. Ukázka vytvořeného balonu je na obrázku 29. K vytvoření nanovláken byly použity dvě elektrody a roztok polymeru. Experiment proběhl úspěšně pro všechny tři vzorky. Na následujících obrázcích jsou ukázky jádra před a po provedení experimentu.

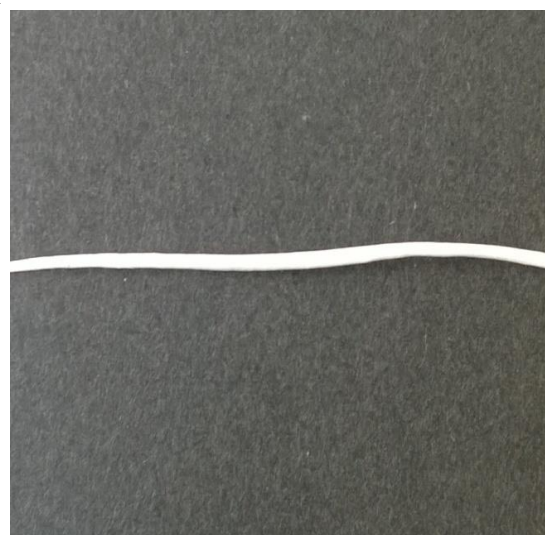
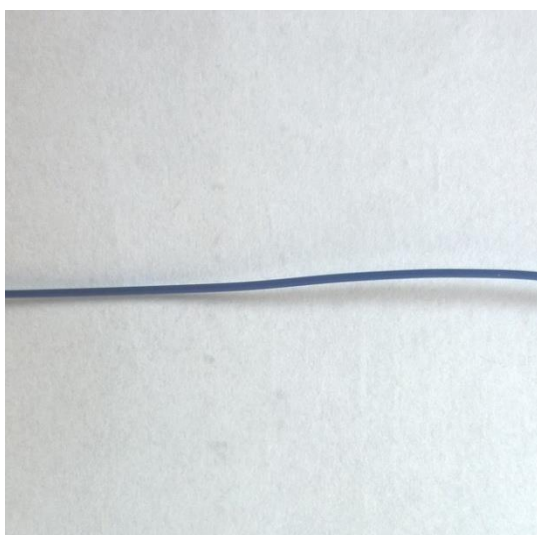


*Obrázek 29: Balonování jádra, dle vlastní zpracování*

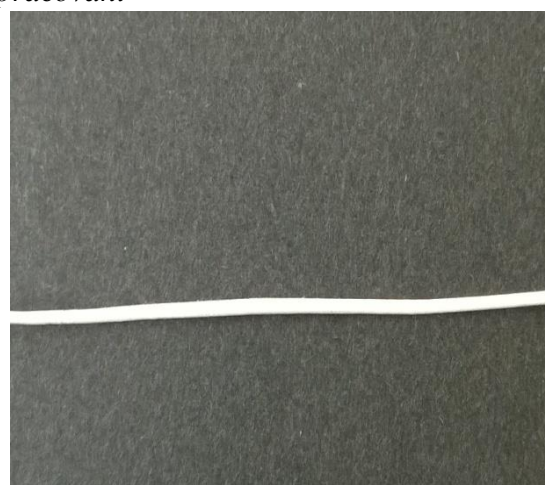
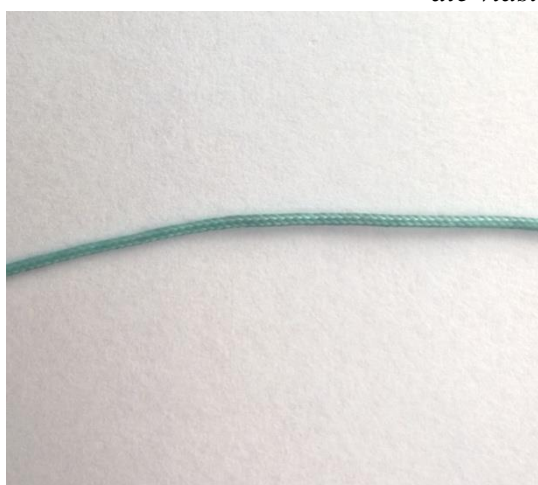




*Obrázek 30 a 31: Ukázka jádra Tervalonbraided EP1,5 před a po experimentu, dle vlastní zpracování*



*Obrázek 32 a 33: Ukázka jádra Chirafilonmonofilament před a po experimentu, dle vlastní zpracování*



*Obrázek 34 a 35: Ukázka jádra Tervalonbraided EP6 před a po experimentu, dle vlastní zpracování*

## Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce byl návrh konstrukce ovíjecího zařízení pro výrobu kompozitního lineárního materiálu, který slouží pro výrobu očních drenů.

První část práce se zabývala návrhem vhodného řešení zařízení na výrobu lineárních materiálů s obsahem nanovláken. Pro toto zařízení se využilo patentového spisu číslo 306 428 kde je popsán lineární vláknový útvar s pláštěm z polymerních nanovláken obalujícím nosný lineární útvar tvořící jádro, způsob a zařízení k jeho výrobě. Tento způsob byl vyvinut na Technické univerzitě v Liberci. Dále se práce zabývala volbou vhodného upínacího systému. Pro toto zařízení se zvolil klešťový upínací systém.

Druhá část práce byla pro zvolený upínací systém experimentálně určit maximální upínací síly pro jednotlivé vzorky. Maximální upínací síla pro Tervalonbraided EP1,5 je 264,5 cN, vzorek Chiraflonmonofilament má maximální upínací sílu 196,5 cN a Tervalonbraided EP6 má 223,5 cN. Současně byl proveden test na trhacím stroji, ke stanovení prodloužení nosného jádra.

Třetí část práce byla zaměřena na způsob ovíjení jádra nanovláknů a návrh konstrukce ovíjecího zařízení. Pro navržené zařízení byl proveden výpočet balonujícího nosného jádra v programu MATLAB k určení maximálního a minimálního poloměru balonu pro volbu vhodného předpětí. Zjistilo se, že nosné jádro TB EP1,5 musí být zatěžováno v rozsahu od 20 cN do 60 cN při otáčkách 400 rad/s. Pro jádro ChM je použitelný rozsah předpětí od 80 cN do 135 cN při otáčkách 300 rad/s a jádro TB EP6 má použitelný rozsah předpětí od 85 cN do 145 cN při otáčkách 300 rad/s. Pro navržené konstrukční řešení byla zhotovena výkresová dokumentace.

Závěrem se ověřil způsob výroby očních drenů experimentálně přímo při procesu zvláknování na lince pro výrobu jádrových nanopřízí. Kde bylo ověřeno balonování nosného jádra a ovíjení jádra vyrobenými nanovláknů.



## Literatura

- [1] BAŤKA, Ondřej. *Zařízení na výrobu jádrové jádra*. Liberec 2015. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra textilních a jednoúčelových strojů
- [2] BERAN, J., VALTERA, J., BÍLEK, M., BAŤKA, O., SKŘIVÁNEK, J., ŽABKA, P., KOMÁREK, J., LUKÁŠ, D., POKORNÝ, P., KUŽELOVÁ-KOŠŤÁKOVÁ, E., MIKEŠ, P., CHVOJKA, J., KALOUS, T., SANETRŇÍK, F, *Lineární vlákenný útvar s pláštěm z polymerních nanovláken obalujícím nosný lineární útvar tvořící jádro, způsob a zařízení k jeho výrobě*. Technická univerzita v Liberci, Liberec CZ, Patentový spis 306 428 (B6)
- [3] GlaucomaSurgery, *GlaucomaSurgery - AllAboutVision.com*, oční dreny – přehled očních drenů [online] 2015 [cit. 2017-06-15]. Dostupné z: <http://www.allaboutvision.com/conditions/glaucoma-surgery.htm>
- [4] SKF, *Informace o ložiskách*[online]. [cit. 2017-06-22]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/index.html>
- [5] REM - Technik, *REM - Ke stažení, Katalog hřídelové spojky*[online] [cit. 2017-06-22]. Dostupné z:<https://www.rem-technik.cz/files/upload/64.pdf>
- [6] Výpočetní program MATHLAB 2009
- [7] YALCIN, I., HORÁKOVÁ, J. a kol., *Design of Polycaprolactone Vascular Grafts, Journal of Industrial Textiles*[online] 2014 [cit. 2017-06-17]. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1528083714540701>
- [8] Zkušební stroje LaborTech, charpyho kladivo, trhací stroje, *LABORTECH - 22 let zkušeností, vývoje a tvrdé práce* [online] 2013 [cit. 2017-06-20]. Dostupné z: <http://www.labortech.cz>

## **Seznam příloh**

CD ROM

Výkresová dokumentace