



Zařízení na kontinuální paralelní návin extrudovaných dutých vláken

Bakalářská práce

Studijní program:

B2301 – Strojní inženýrství

Studijní obor:

2301R000 – Strojní inženýrství

Autor práce:

Marek Lukášek

Vedoucí práce:

Ing. Šimon Kovář, Ph.D.

Katedra textilních a jednoúčelových strojů





Device for continuous parallel winding of extruded hollow fibers

Bachelor thesis

Study programme:

B2301 - Mechanical Engineering

Study branch:

2301R000 - Mechanical Engineering

Author:

Marek Lukášek

Supervisor:

Ing. Šimon Kovář, Ph.D.

Department of Textile Machine Design





Zadání bakalářské práce

Zařízení na kontinuální paralelní návin extrudovaných dutých vláken

Jméno a příjmení: **Marek Lukášek**
Osobní číslo: S15000118
Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojní inženýrství
Zadávací katedra: Katedra textilních a jednoúčelových strojů
Akademický rok: 2018/2019

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši způsobů navíjení vlákněných struktur
2. Seznamte se s problematikou zařízení na navíjení polymerních vláken.
3. Navrhnete konstrukci pro zařízení na kontinuální paralelní návin extrudovaných dutých vláken
4. Pro danou konstrukci vypracujte výkresovou dokumentaci

Technická univerzita v Liberci
FAKULTA STROJNÍ
Katedra textilních a jednoúčelových strojů
STUDENTSKÁ 2
461 17 LIBEREC



Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

výkresová dokumentace
25 stran formát A4
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

- [1] TALAVÁŠEK, Oldřich a Jiří PLÍŠTIL. Příprava materiálu ke tkaní. Praha: SNTL, 1984. 04-808-84
- [2] N. Li, N., G. Fane, W. S. Winston Ho, T. Matsuura. Advanced Membrane Technology and Application. Wiley, 2008. ISBN: 978-0-471-73167-2
- [3] MEERKAMM, Harald. Technical pocket guide. University of Erlangen-Nuremberg. Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG, 1st edition, March 2014. MATNR 084713119
- [4] RIDER, Michael. Designing with Creo Parametric 3.0. SDC publication. 2015. ISBN 9781585039807

Vedoucí práce:

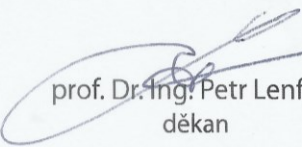
Ing. Šimon Kovář, Ph.D.
Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Datum zadání práce:

30. října 2018

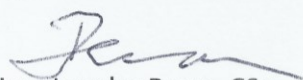
Předpokládaný termín odevzdání:

31. března 2020


prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan



Technická univerzita v Liberci
FAKULTA STROJNÍ
Katedra textilních a jednoúčelových strojů
STUDENTSKÁ 2
461 17 LIBEREC


prof. Ing. Jaroslav Beran, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 30. října 2018

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 nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

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

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

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

9. ledna 2020

Marek Lukášek



PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu Ing. Šimonu Kovářovi, Ph.D. za jeho cenné rady, odborné připomínky a konzultaci daného tématu. Dále bych také rád poděkoval mé rodině, která mě po dobu studia podporovala.

ABSTRAKT

V této bakalářské práci je vypracován konstrukční návrh zařízení pro kontinuální paralelní návín extrudovaných dutých vláken. V práci je zahrnut výpočet pohonné jednotky cívky a dále také výpočet otáček krokového motoru pro paralelní rozvod vlákna. Práce zahrnuje konstrukčně zpracované řešení celého stroje pro paralelní návín.

Klíčová slova

Duté vlákno, návíjení, cívka, nit', lineární vedení

ABSTRACT

The main aim of this bachelor thesis focused on construction layout of a device for continuous parallel winding of extruded hollow fibers. The thesis includes a calculation of the coil drive unit, as well as a calculation of the stepper motor speed for parallel fiber distribution. One of the parts is also dedicated to constructional designed solution of the whole device for parallel winding.

Keywords

Hollow fiber, winding, coil, thread, linear guides

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK	10
ÚVOD	11
1. ZPŮSOBY NAVÍJENÍ VLÁKENNÝCH STRUKTUR.....	12
1.1 PARALELNÍ NÁVIN	14
1.1.1 Mechanismy pro paralelní návin	14
1.2 NAVÍJENÍ KABELŮ	15
1.2.1 Kabelové bubny	15
1.2.1.1 Kovové bubny	15
1.2.1.2 Překližkové a dřevěné bubny.....	16
1.3 PŘEVÍJECÍ ZAŘÍZENÍ.....	16
1.3.1 Svislé navíjecí zařízení	17
1.3.2 Vodorovné navíjecí zařízení.....	18
1.4 NAVÍJENÍ OCELOVÝCH A KONOPNÝCH LAN.....	19
1.4.1 Navíjecí bubny.....	19
1.4.1.1 Lanové bubny	19
1.4.1.2 Válcované drážkované bubny.....	19
1.4.1.3 Lanové třecí bubny	20
1.4.2 Navíjecí zařízení ocelových lan.....	20
1.4.2.1 Vedení lana pomocí proměnného úhlu navíjení	21
2. CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	23
3. POPIS KONSTRUKCE ZAŘÍZENÍ PRO KONTINUÁLNÍ PARALELNÍ NÁVIN EXTRUDOVANÝCH DUTÝCH VLÁKEN	24
3.1 POPIS ZAŘÍZENÍ.....	24
3.1.1 Uložení cívky.....	25
3.1.2 Uložení pohonu	27
3.1.3 Konstrukce cívky	28
3.1.4 Rozváděcí mechanismus.....	30
3.1.5 Konstrukce stojanu - rámu.....	32

4. DIMENZOVÁNÍ ZAŘÍZENÍ PRO PARALELNÍ NÁVIN EXTRUDOVANÝCH DUTÝCH VLÁKEN.....	33
4.1 VÝPOČET SIL PŮSOBÍCÍ NA HŘÍDEL	33
4.2 DIMENZOVÁNÍ POHONNÉ JEDNOTKY CÍVKY	35
4.2.1 Výběr pohonu	35
4.2.1.1 Stanovení hmotnosti cívky a návínu.....	35
4.2.1.2 Otáčky pohonu.....	35
4.2.1.3 Potřebný kroutící moment pohonu	36
4.3 DIMENZOVÁNÍ POHONU LINEÁRNÍHO VEDENÍ	42
4.3.1 Výběr krokového motoru	42
5. ZÁVĚR.....	45
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	46
SEZNAM TABULEK	47
SEZNAM GRAFŮ.....	47
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	48
SEZNAM PŘÍLOH	50
SEZNAM NAKUPOVANÝCH KOMPONENTŮ.....	51

SEZNAM ZKRATEK

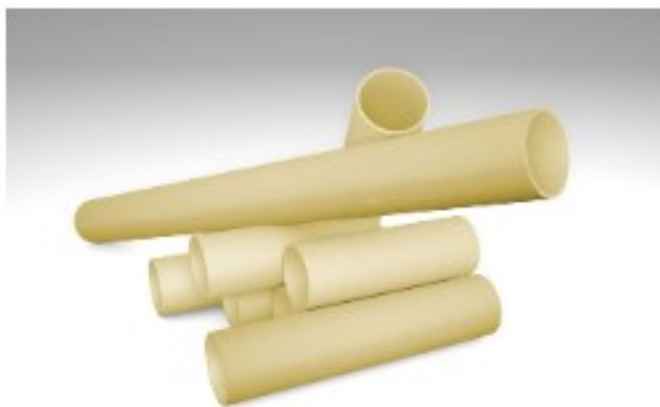
d	malý průměr návínu	[mm]
D	velký průměr návínu	[mm]
b	šířka návínu	[mm]
α	úhel stoupání ovinů	[°]
s	stoupání ovinů	[mm]
R	soukací poměr	[-]
β	úhel čela cívký	[°]
\varkappa	úhel kuželové dutinky	[°]
i	převodový poměr	[-]
ω	úhlová rychlost	[rad/s]
M_k	kroučící moment	[Nm]
P	výkon	[kW]
ε	úhlové zrychlení	[rad/s ²]
n	otáčky	[ot/min]
v	obvodová rychlost	[m/s]
l_p	obvod cívký	[m]
t	čas	[s]
J_x	moment setrvačnosti kolem osy x	[kg · m ²]
PE	polyethylen	
WE	svařování extruderem s přídavným materiálem	

ÚVOD

V souvislosti s vědeckotechnickým pokrokem došlo k rozvoji v oblasti výroby polymerních vláken, ovlivněné hlavně díky široké potencionální oblasti využití a také pozoruhodným vlastnostem. Vlastnosti polymerních vláken závisí na použití materiálu, ze kterého se vyrábí. Všeobecně lze však říct, že produkty vyrobené z polymerních vláken jsou pevné, odolné a biologicky odbouratelné. Z těchto důvodů se využívají v mnoha průmyslových odvětvích. Jednou z aplikací jsou filtrační technologie, které slouží pro separaci různých složek směsí, ale také zejména pro recyklaci a čištění používaných látek. Využívají se například v potravinářství, pro recyklaci cenných látek při výrobních procesech, separaci plynů, ale i pro čištění vody po průmyslovém použití.

Jednou z možností aplikace polymerních vláken ve formě dutého vlákna (obrázek 1), je použití pro separaci plynů. Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukcí jednoúčelového zařízení, které je schopno toto duté vlákno kontinuálně a paralelně navíjet z důvodu přípravy na následnou operaci stříhání a další zpracování.

Práce byla zadána firmou MemBrain, která se zabývá výzkumem a inovací v oblasti membránových procesů.



Obrázek 1: Extrudované duté vlákno

1. ZPŮSOBY NAVÍJENÍ VLÁKENNÝCH STRUKTUR

Navíjení nebo také soukání je technika, kdy dochází k délkovému návínu nití, kabelů, přízí, hedvábí, skleněných vláken a jiných materiálů na nosič. Nosiče můžeme rozdělit jako dočasné a trvalé. Dočasný nosič splňuje svou funkci pouze v průběhu soukání jako vřeteno, na kterém je daný materiál navíjen. Po ukončení procesu je vzniklý návín sejmut. Trvalé nosiče obsahují široké množství dutinek různých tvarů, podle charakteristiky dalšího využití navinutých cívek.

Cívky se vyrábějí ve válcovém a kuželovém tvaru a liší se pouze rozměry, popřípadě čely. Zjednodušeně se dělí na:

- válcové
- kuželové
- kuželové bikonické
- válcové bikonické
- přírubové
- bobiny
- raketové
- kopsy
- king cívky
- útkové
- speciální



Obrázek 2: (a) kuželová, (b) válcová, (c) kuželová se zkoseným čelem, (d) válcová přírubová, (e) king cívka

Podle způsobu návínu materiálu na cívku lze ovlivnit řadu specifických vlastností, jako je například tvrdost návínu, množství navinutého materiálu nebo schopnost probarvení. Cívky se dělí dle druhu vinutí, a to buď na paralelně vinuté nebo křížově vinuté. Jeden z hlavních ukazatelů cívky je **soukací poměr R**, který je definován mnoha způsoby. V České republice je používána definice, která říká, že se jedná o počet otáček vřetene/cívky na jeden dvojzdvih rozvaděče. Z toho vyplývá, že dochází k rozvedení materiálu jednoho konce cívky na druhý a zpět.

Návín lze popsat podle parametrů uvedených v tabulce č. 1.

Tabulka 1: Parametry návínu

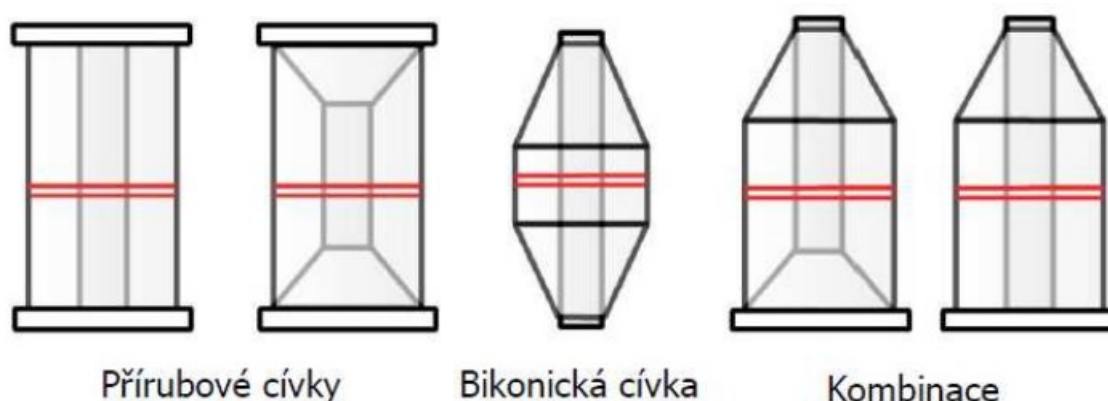
parametr	značka	jednotka
malý průměr návínu	d	mm
velký průměr návínu	D	mm
šířka návínu	b	mm
úhel stoupání ovinů	α	°
stoupání ovinů	s	mm
soukací poměr	R	-
úhel čela cívky	β	°
úhel kuželové dutinky	φ	°

1.1 Paralelní návin

Paralelní nebo rovnoběžný návin je specifický tím, že dochází ke kladení navíjeného materiálu rovnoběžně vedle sebe s velmi malým stoupáním ovinů. Bohužel tento způsob nezajišťuje spojitost návinnu materiálu na jeho lemu. Je tedy nutné využití úkosů na čelech návinnů, nebo přírubových cívek, u kterých příruby na krajních stěnách cívek plní ohraničující funkci a tím brání zborcení návinnu na okrajích.

Při návinnu kopsů dochází k prudkému zkosení návinnu na jedné nebo obou stranách, které znemožňuje spadávání navíjeného materiálu na krajích cívky. Jestliže je zkosení pouze na jedné ze stran návinnu, pak je na opačné straně vybavena přírubou, o kterou se návin opře. Z takovéto dutinky je umožněn snadný odvin materiálu.

Paralelní návin se uplatňuje při zvlákňování, pro návin šicích nití, hedvábí, při navíjení cívkových těles, ale také u případů, kde je požadován důraz na vzhled nitě.



Obrázek 3: Druhy cívek navíjených paralelním návinnem

1.1.1 Mechanismy pro paralelní návin

U tohoto typu návinnu je rozváděcí člen svázán s náhonem vřetene. Stoupání ovinu je velmi malé, rovno přibližně tloušťce navíjeného materiálu. Rozvod jednotlivých vláken je realizován buď vačkovým, nebo šroubovým mechanismem. Nejmodernější způsob je však pomocí krokových motorů, u kterého je možno programově zabezpečit požadované zkosení čel cívek.

1.2 Navíjení kabelů

V současnosti se na trhu vyskytuje velké množství různých typů zařízení pro navíjení a převíjení kabelů, mezi které patří také svislé navíjecí zařízení a vodorovné navíjecí zařízení. Kabely jsou nejčastěji navíjeny do kruhového, případně oválného svitku

1.2.1 Kabelové bubny

Pro přepravu vláken, kabelů a různých ohebných materiálů slouží kabelové bubny. Kabelové bubny jsou typické svými robustními rozměry, zejména velkým průměrem návinu. Tyto bubny slouží zejména k navíjení, skladování a uložení kabelů, hadic, optických vláken. Konstrukce samotného bubnu je složena z dutého válce, který je z obou stran osazen několikanásobně zvýšenou bočnicí. Bubny mohou být vyrobeny z různých materiálů, nejčastěji jsou kovové, dřevěné nebo z různých druhů tvrzených plastů.

1.2.1.1 Kovové bubny

Kovové bubny jsou v podstatě svařencem tenkostěnných profilů a profilovaných plechů. Mezi výhody patří zejména jejich životnost a také pevnost, ale hmotnost a cena na výrobu je podstatně vyšší. Průměr takovýchto bubnů bývá od 1000 mm do 2500 mm. Průměry kabelů, které lze navíjet na takový typ bubnu se pohybuje v rozpětí od 10 mm do 80 mm a jejich celková délka může dosahovat až 30 km.



Obrázek 4: Kovový buben

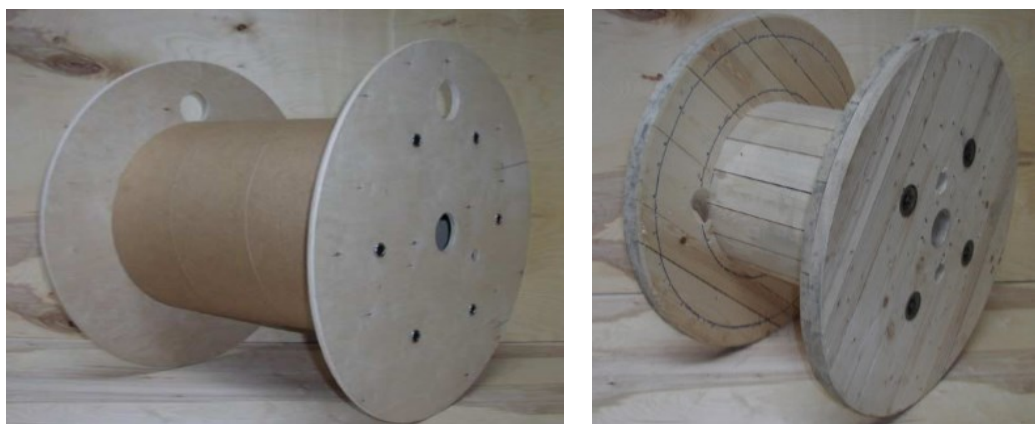
1.2.1.2 Překližkové a dřevěné bubny

Bubny překližkové jsou vyráběny z překližek a mezi jejich výhody patří cena, která je několikanásobně menší než u bubnů kovových. Při dobré údržbě dřevěných bubnů je jejich životnost značně prodloužena. Bubny dřevěné se vyrábí buď jednocestné, nebo dvoucestné.

Jednocestné – buben je vyroben z jehličnatých přířezů s větším podílem oblin, vnější strana čel není hoblována.

Dvoucestné – vsazované přířezy jádra, vlhkost do 22%

Možné průměry kabelů, které lze na tento typ bubnů navíjet, se nacházejí v rozmezí od 5 mm do 47 mm, délky mohou dosahovat až 40 km.



Obrázek 5: Překližková cívka (vlevo) a dřevěná cívka (vpravo)

1.3 Převíjecí zařízení

Převíjecí zařízení slouží především pro převíjení navinutelných materiálů, zejména elektrických kabelů, lan, vodičů a podobných materiálů z nosiče (bubnu) na jiný nosič (buben). V současné době trh nabízí mnoho typů převíjecích zařízení. V široké škále od nejmenších až po největší, u kterých nosnost dosahuje 5 tun a zároveň splňuje požadavky na převíjení kabelů. Při procesu převíjení lze určovat množství navinutého materiálu, měřit délku materiálu a ukládat převíjený materiál na cívku.

Převíjecí zařízení umožňuje bezpečné a jednoduché uchopení bubnu s materiálem určeným pro převinutí a spolehlivé změření převíjeného materiálu pomocí stanoveného měřidla. Buben materiálu je uveden do pracovní polohy pomocí výklopných drážek, které protisměrným pohybem nosič svírají a zvedají. Zavedení materiálu pro převíjení se děje ručně, ale samotné převíjení je automatické. Převíjecí zařízení se vyrábí jako stacionární, ale také pojízdná nebo přenosná. U velkých převíjecích zařízení lze použít malou hydraulickou jednotku ovládanou elektricky.



Obrázek 6: Převíjecí zařízení

1.3.1 Svislé navíjecí zařízení

Princip svislého navíjecího zařízení (obrázek 7) můžeme rozdělit do několika fází. K odmotávání kabelu z cívky pomocí elektromotoru přes řemenový převod dochází v první fázi odvíjení. Poté je kabel pomocí gumových pásů usměrňován skrze střížné zařízení až k navíjecí cívce. Délka kabelu je hlídána pomocí měřicího zařízení. Stroj je opatřen padacím krytem, který zaručuje bezpečnost při navíjení kabelů. Rychlost kabelu lze regulovat, optimální rychlost navíjení se pohybuje v rozmezí 40-45 m/min.



Obrázek 7: Svislé navíjecí zařízení FS01C

1.3.2 Vodorovné navíjecí zařízení

Jeden z hlavních rozdílů, ve kterém se liší vodorovné navíjení (obrázek 8), spočívá v otočení kabelu o 90° oproti poloze na bubnovém zásobníku. Stejně jako u předchozího případu, je kabel pomocí kladek naveden mezi gumové řemeny umístěné na řemenicích, skrze odměřovací a střižné zařízení až k navíječi, který je poháněn pomocí elektromotoru přes řetězový převod. Disk, sloužící jako ložná plocha pro navíjený kabel, je vybaven vysouvacími kolíky pro vymezení vnitřního navíjecího průměru. Pomocí různých přípravků lze docílit oválného tvaru navíjecího svitku.

O pohyb odvíječe se stará samostatný motor, který zároveň plní funkci brzdy. Zařízení v optimálních podmínkách dosahuje rychlosti navíjení v rozmezí 30-35 m/min. Průměr otočného disku je 900 mm (obrázek 9).



Obrázek 8: Odvíjecí část zařízení FS03C



Obrázek 9: Navíjecí část zařízení FS03C

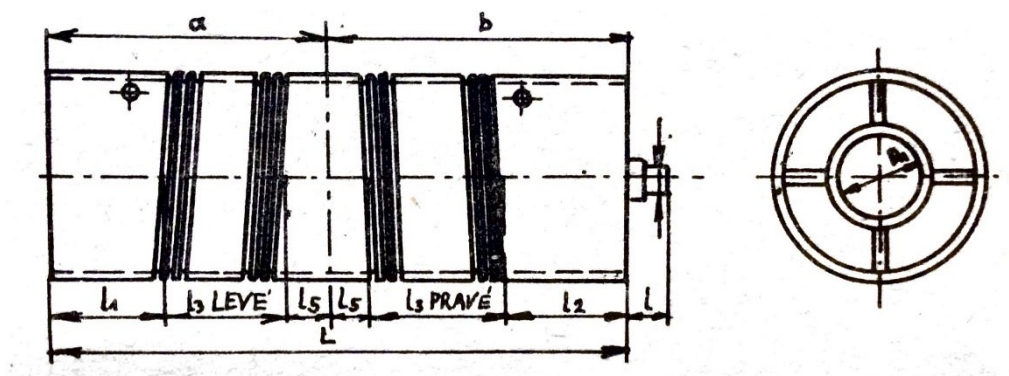
1.4 Navíjení ocelových a konopných lan

1.4.1 Navíjecí bubny

Navíjecí bubny se rozdělují podle několika hledisek. Z hlediska tvaru se rozlišují na válcové nebo kuželové bubny (pouze drážkované), z hlediska povrchu se dělí na hladké nebo drážkované. Běžnější jsou bubny lanové, mohou být i řetězové.

1.4.1.1 Lanové bubny

Tyto bubny mohou být válcové i kuželové. Mezi nejčastěji používané patří válcové bubny drážkované. Hladké bubny se využívají pro návin konopných lan, ale také pro ocelová lana u zdvihadel s omezenými rozměry s požadavkem navinutí velké délky lana, které je navíjeno v několika vrstvách.



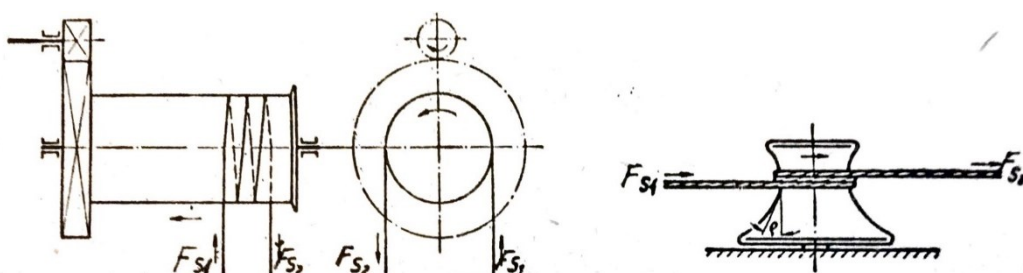
Obrázek 10: Lanový buben

1.4.1.2 Válcované drážkované bubny

Takovéto bubny bývají nejčastěji svařeny ze zkrúžených plechů nebo trub, litinové a ocelolitinové bubny se používají velmi málo. U starších konstrukcí bylo využíváno sešroubovaných bubnů s hnacím kolem, přičemž buben se otáčel na pevném nosném hřídeli. Novější konstrukce (obrázek 10) jsou svařené konstrukce, u kterých jsou do čel navařeny pevné nosné hřídele, nebo čelo s nábojem. Na jedné ze stran bubnu je uložen pomocí čepu v ložisku, na straně druhé je nasazen na konec hřídele převodovky. Kroučící moment přenáší zubová spojka umožňující malé osové výchylky.

1.4.1.3 Lanové třecí bubny

Třecí bubny se používají především tam, kde se má lano jedním koncem navíjet a druhým koncem odvíjet, ale také u velkých délek lan, jako např. u lanových posunovacích zařízení a výtahových navíjedel. Mezi výhody patří skutečnost, že umožňují kratší konstrukční délku bubnu, než která by odpovídala bubnu navíjecímu. Tyto bubny mají buď hladký nebo drážkovaný povrch, tvar je obvykle válcový, jen občas je použit tvar bubnu podle obrázku 11.



Obrázek 11: Hladký třecí buben (nalevo) a buben lanového přesunovacího zařízení (vpravo)

1.4.2 Navíjecí zařízení ocelových lan

V případech, kde je jedním z požadavků vícevrstvého navíjení lana, je nezbytné, aby došlo k vynucení rezervního pohybu lana namotávaného na buben. Toho lze docílit vratným pohybem bubnu, ale jednodušším způsobem je nucené vedení lana na buben. V průmyslu se k takovému vedení lana využívá mechanismu pracujícího s proměnlivým stupněm navíjení.

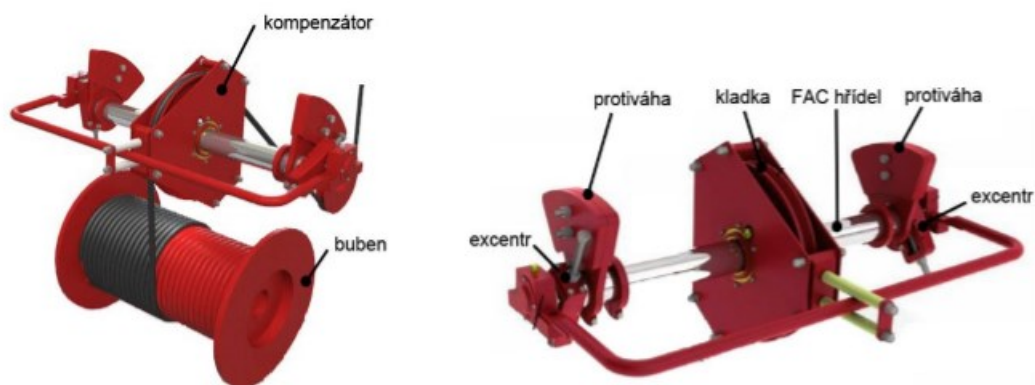
Volba způsobu navíjení a ukládání lana na buben je klíčová především z hlediska životnosti, spolehlivosti, plynulosti, ale zejména i v bezpečnosti provozu daného zařízení.

1.4.2.1 Vedení lana pomocí proměnného úhlu navíjení

Pomocí zařízení usměrňující úhel přiváděného lana na buben lze docílit přesného navíjení. Pro správné navíjení lana je klíčový úhel, pod kterým je lano na buben přiváděno. Navíjecí úhel je definován jako úhel lana mezi hlavní kladkou a přírubou bubnu a jeho velikost se odvíjí od složení lana. Společnost Lebus udává na základě dlouhodobého sledování a zkušeností ideální úhel v rozmezí od $0,25^\circ$ do $1,25^\circ$.

Lano má tendenci jednotlivé náviny lana na bubnu zařazovat s větším rozstupem v případě, kdy je úhel navíjení příliš velký. V opačném případě, kdy úhel navíjení je příliš malý, dochází k vrstvení dřívě, než je to žádoucí z důvodu nízké setrvačnosti. V obou těchto případech dochází ke vzniku nadměrného opotřebení lana a také značného zatížení bubnu pomocí špatného rozložení sil.

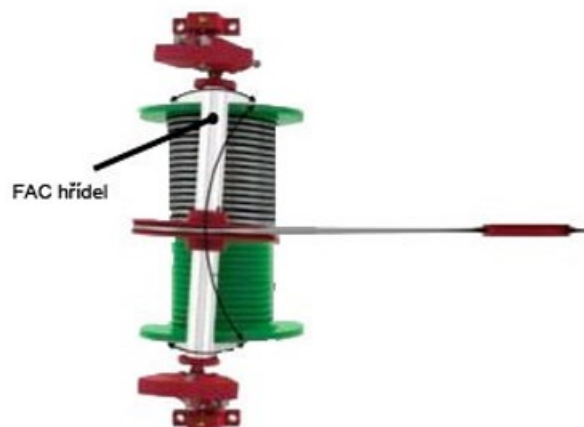
Kompenzátor je nutnou součástí mechanismu vedení lana na buben pod proměnným úhlem. Celý mechanismus je znázorněn na obrázku 12.



Obrázek 12: Přesné vedení lana na buben pomocí proměnného úhlu, sestava kompenzátoru s bubnem (vlevo), popis částí kompenzátoru (vpravo)

Kompenzátor úhlu navíjení lana je poháněn pomocí pohybu lana, které prochází přechodovými úseky bubnu. Pomocí pomalého pohybu FAC hřídele při navíjení a odvíjení lana, čímž je umožněno kladce a excentrům, na něm umístěným, pohyb posouvající kladku do pravého úhlu. Samotná kladka se po hřídeli pohybuje v horizontálním směru průběžně s jednotlivými náviny lana a pohybem excentrů je natočena tak, aby bylo dosaženo namotávání vždy pod správným úhlem. Finální křivka pohybu kladky je oblouk.

Výhodou toho řešení je absence mechanické vazby mezi bubnem a kompenzátorem. Pohyb kompenzátoru při práci je znázorněn na obrázku 13.



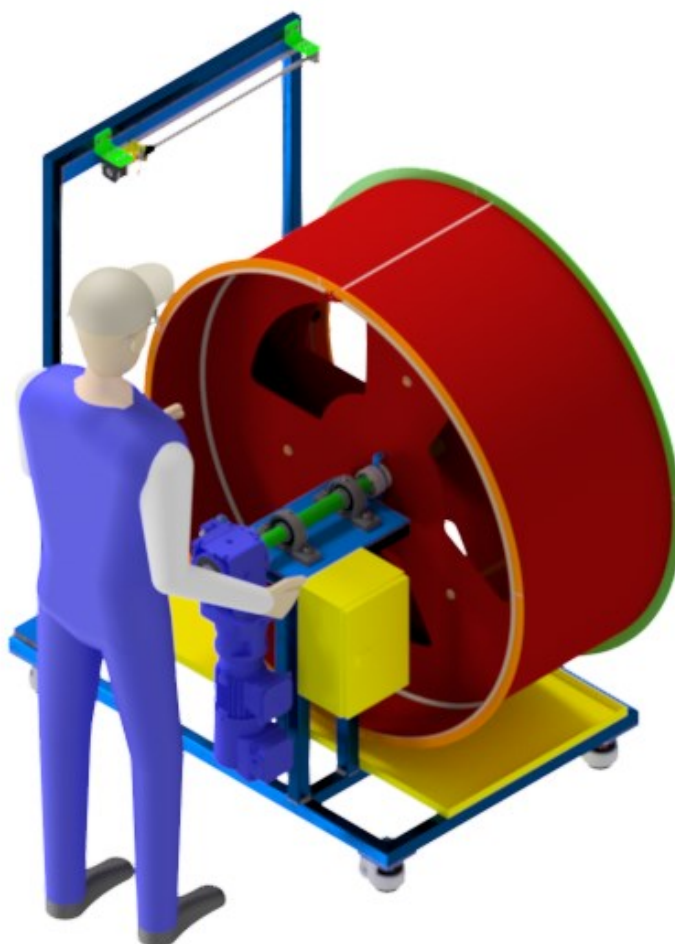
Obrázek 13: Vyznačení pohybu kladnice s kladkou

2. CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem práce je navrhnout zařízení pro kontinuální paralelní návin extrudovaných dutých vláken.

Pro kontinuální paralelní návin musí zařízení splňovat:

- 1) Návin extrudovaného dutého vlákna paralelně vedle sebe.
- 2) Snadnou manipulaci s celým zařízením (D x Š x V) 1,5 x 1 x 1,6m.
- 3) Šíři navíjecí plochy 500 mm.
- 4) Variabilita průměrů cívek pro paralelní návin vlákna (572, 732 a 1145 mm)
- 5) Pohodlné sejmutí konečného návínů z cívky.

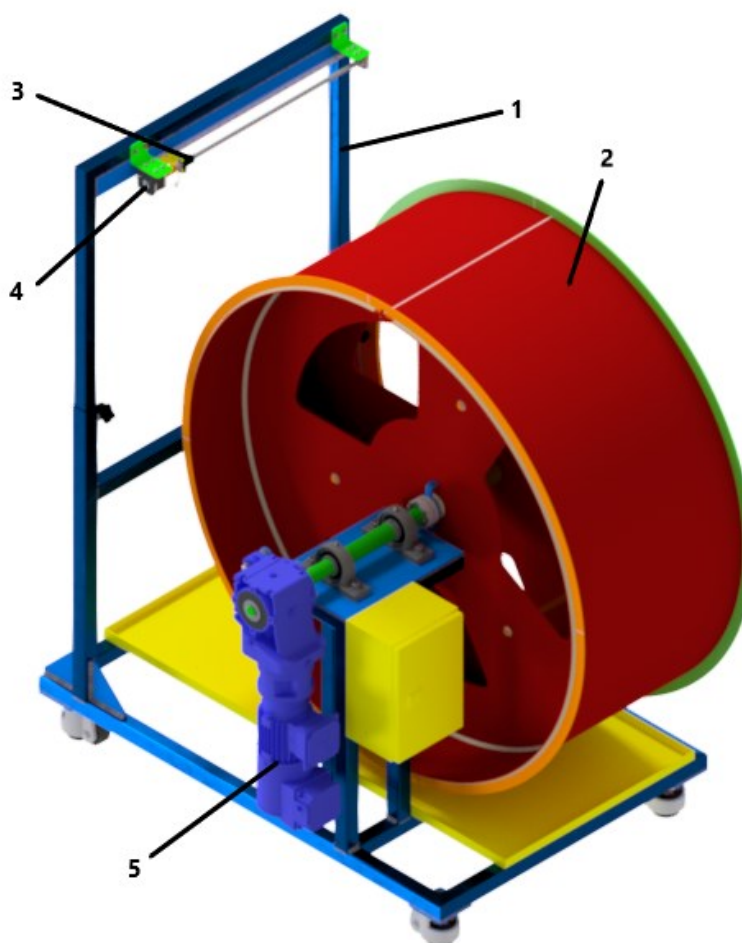


Obrázek 14: Zařízení pro paralelní návin

3. POPIS KONSTRUKCE ZAŘÍZENÍ PRO KONTINUÁLNÍ PARALELNÍ NÁVIN EXTRUDOVANÝCH DUTÝCH VLÁKEN

3.1 Popis zařízení

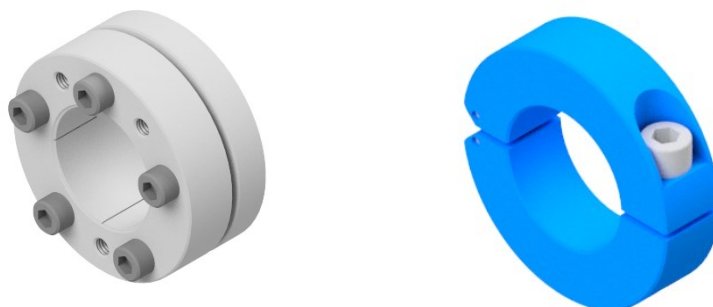
Sestava je tvořena pěti hlavními částmi (obrázek 15). První částí je stojan (poz. 1), který slouží jako základna pro ostatní části zařízení. Druhou částí je polyethylenová cívka (poz. 2) na kterou je nepřetržitě paralelně navijeno extrudované duté vlákno. Poslední z hlavních částí je sestava lineárního vedení (poz. 3), které zajišťuje rovnoměrný návin vlákna na cívku. Rotační pohyb cívky je zajištěn pomocí pohonu NORD s frekvenčním měničem a regulací (poz. 5). O pohyb lineární osy se stará krokový motor NEMA 17 (poz. 4).



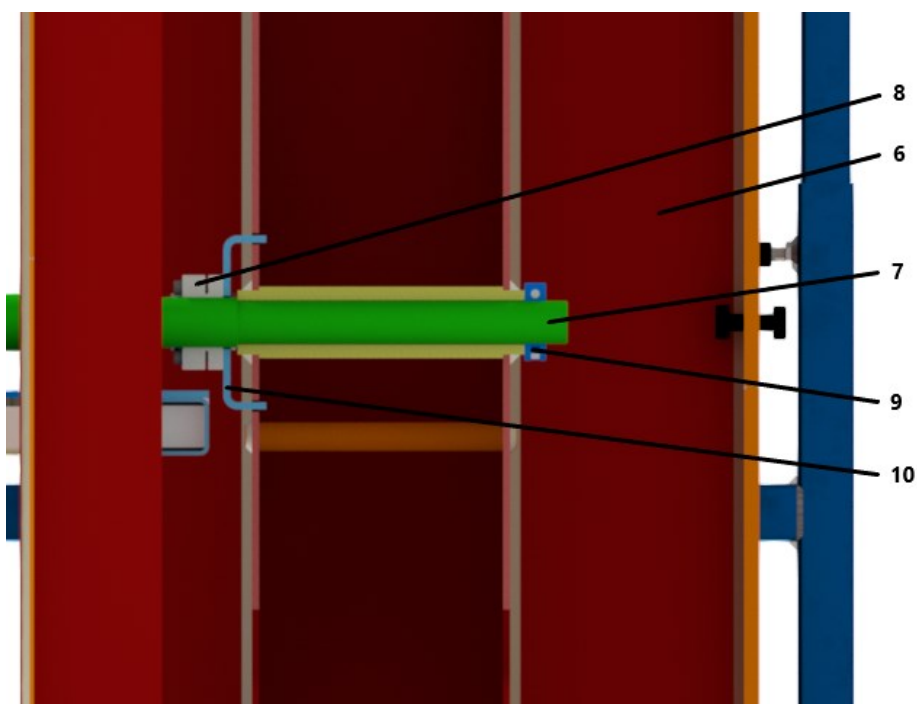
Obrázek 15: Celková sestava zařízení

3.1.1 Uložení cívky

Cívka pro návin extrudovaných dutých vláken (obrázek 17; poz. 6), je uložena na volném konci hnací hřídele (poz. 7) o průměru 30 mm. Cívka je nasazena na tuto hřídel, kde osazení a svěrné pouzdro (poz. 9) zajistí axiální posuv cívky po hřídeli. Dále je na hřídeli umístěno další svěrné pouzdro (poz. 8) se třemi otvory, které slouží k upevnění unášecí konzoly (poz. 10). Tato konzola je upevněna ke svěrnému pouzdrovi pomocí třech šroubových spojů M6.



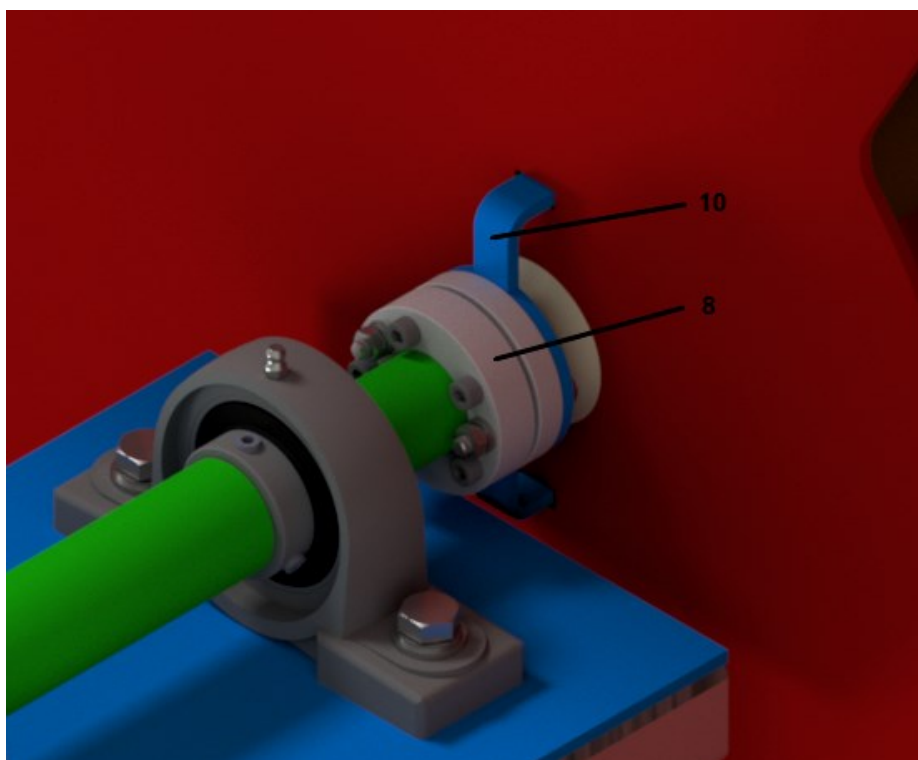
Obrázek 16: Svěrné pouzdro (poz. 8; vlevo), svěrné pouzdro (poz. 9; vpravo)



Obrázek 17: Uložení cívky na hřídeli

Na následujícím obrázku (obrázek 18) je zobrazeno uložení hřídele v ložisku a zajištění přenosu rotačního pohybu z hřídele na cívku pro kontinuální paralelní návin vláken.

Unášecí konzola (poz. 10), je upevněná pomocí šroubových spojů ke svěrnému pouzdru (poz. 8). Ramena této konzoly jsou nasunuté do otvorů ve stěně cívky, čím je zajištěn přenos rotačního pohybu. Tento způsob jsem volil z důvodu jednodušší výroby a také minimálních nároků na montáž.

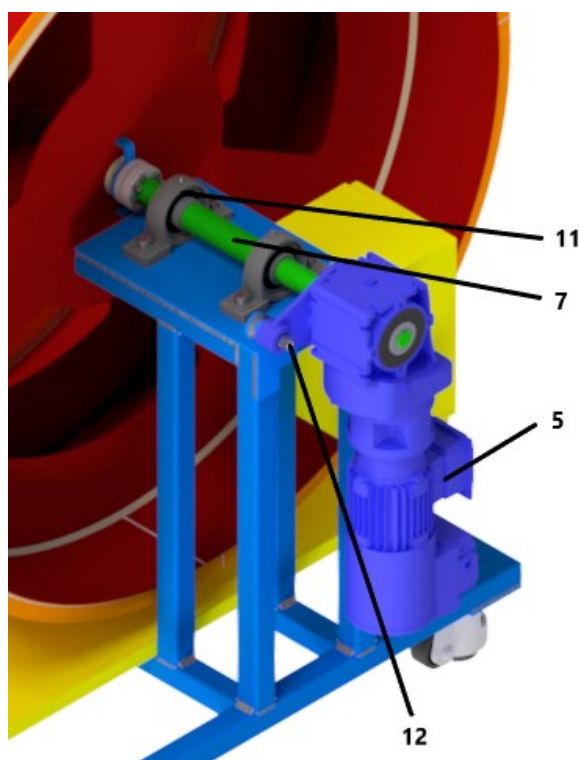


Obrázek 18: Pohled na uložení unášecí konzoly

3.1.2 Uložení pohonu

Hnací hřídel (poz. 7) je uložena letmo pomocí dvojice ložisek typu UCP 207 (poz. 11), která jsou připevněna pomocí šroubových spojů k desce rámu. Jednotlivá ložiska jsou nasazena na hřídeli a z vnitřních stran opřena o osazení hřídele, které zamezují axiální pohyb hřídele v ložiskách.

Rotační pohyb hřídele zajišťuje kuželočelní převodovka NORD s IEC motorem, která má označení SK92172.1AD – IEC63 – 63L/4 F. (poz. 5). Tato převodovka je spojena s hřídelí pomocí pera. Na vnitřní straně je opřena o osazení hřídele a na volném konci hřídele je zajištěna proti axiálnímu pohybu pojistným kroužkem. Součástí pohonu je rameno reakce (poz. 12), které slouží k zachycení momentu. Toto rameno je přišroubováno k rámu zařízení. Součástí ramene reakce pohonu je pryžový silentblok, který tlumí rázy při rozběhu pohonu.

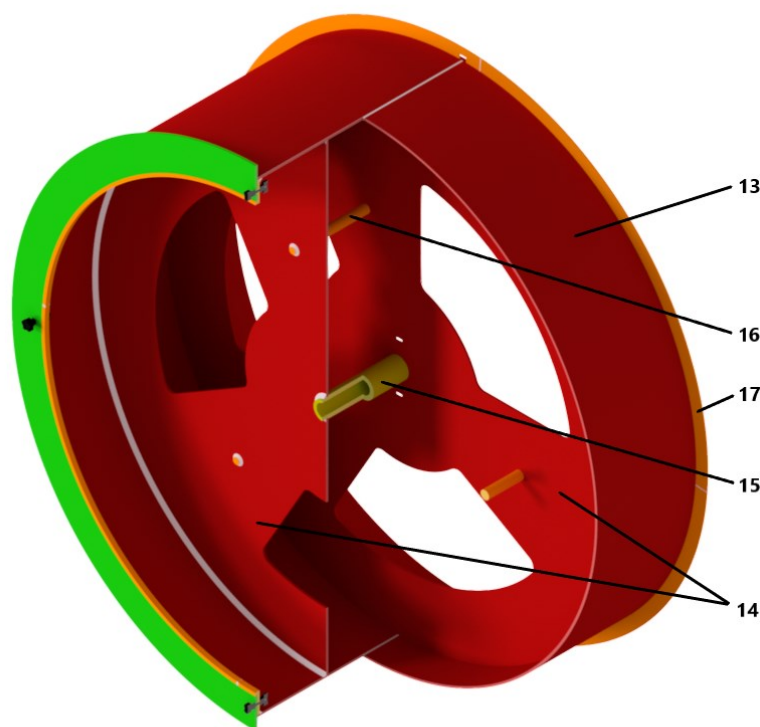


Obrázek 19: Uložení hřídele a pohonu

3.1.3 Konstrukce cívky

Celá sestava cívky je navržena z plastu (PE) z důvodu menší hmotnosti. Duté vlákno je možné navíjet na různé průměry. V této práci je předpokládáno, že vlákno bude navíjeno na vnější průměr 1145 mm, který odpovídá požadavku na obvod cívky cca 3,6 m.

Plášť cívky (poz. 13) je tvořen dvěma deskami stočenými do půlkruhu o vnitřním poloměru 567,5 mm. Do tohoto bubnu jsou vloženy stěny cívky (poz. 14), které jsou záměrně zapuštěné do vnitřku z důvodu úspory šířky celého zařízení. Náboj (poz. 15) slouží k pohodlnému a snadnému nasazení cívky na hnací hřídel. Z jedné strany cívky je pevné čelo (poz. 17), které slouží jako zábrana pro sklouznutí navíjeného vlákna z cívky. Pozice 16 znázorňuje rozpěru, která zde plní zpevňující funkci. Všechny konstrukční spoje jsou vytvořeny svařením pomocí extrudéru s přídavným materiálem (WE).

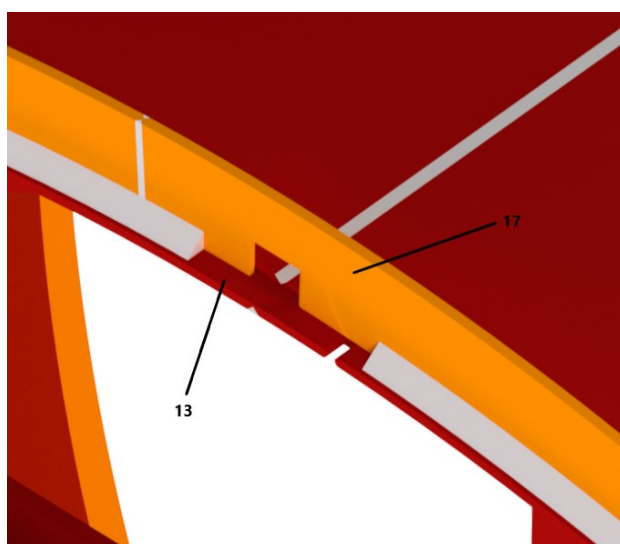


Obrázek 20: Sestava cívky

Na obrázku 21 je znázorněn detail konstrukčního řešení odnímatelného čela (poz. 19). Toto řešení bylo součástí zadání z důvodu jednoduššího sundání vlákna z cívky. Pozice 18 je obruč, která zajišťuje pohodlné nasazení odnímatelného čela cívky. Na čtyřech místech je bočnice (poz. 19) zafixována k obruči (poz. 18) plastovými ručními maticemi M5 (poz. 20) pro snadné dotažení bez nutnosti použití nářadí.



Obrázek 21: Detail odnímatelného čela



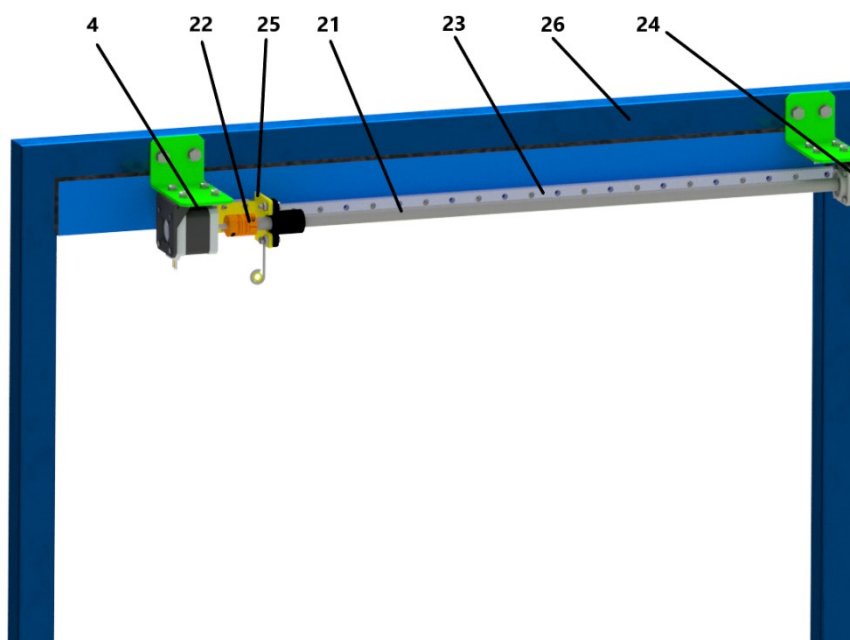
Obrázek 22: Detail řešení fixace vlákna

Fixace vlákna (obrázek 22) je řešena pomocí díry v pevné bočnici cívky (poz. 17) a drážkou v samotném plášti cívky (poz. 13). Při zahájení navíjení je tedy potřeba, aby obsluhující pracovník duté vlákno provlékl skrze bočnici a zasunul do drážky v bubnu cívky, zde lze také duté vlákno ještě přilepit pomocí lepící pásky na vnitřní stranu pláště cívky.

3.1.4 Rozváděcí mechanismus

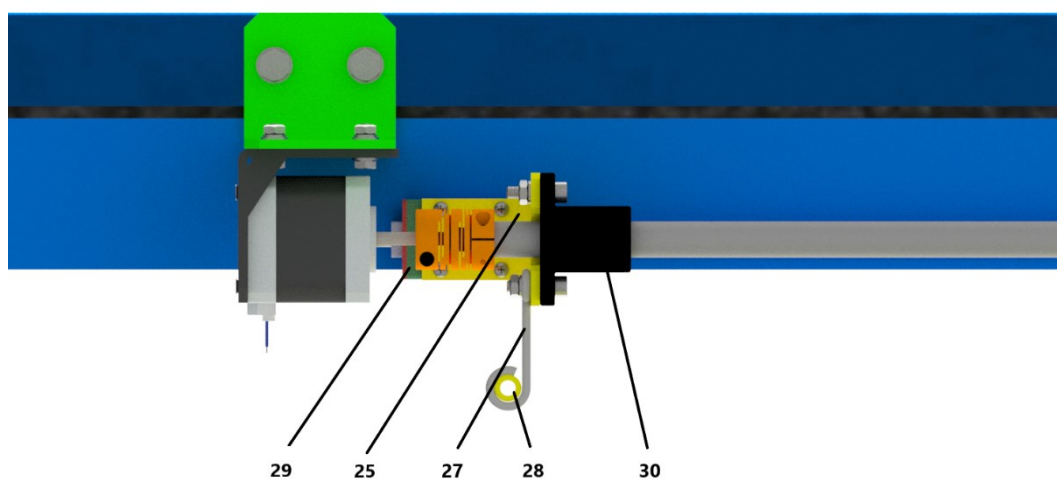
Rozváděcí mechanismus je vyřešen pomocí sestavy lineární osy (obrázek 23). Pohon tvoří krokový motor NEMA 17 HS 200 1716 0150 (poz. 4), který je pomocí upevňovací konzoly přichycen k výškově stavitelné části rámu. Posuvný pohyb je zajištěn trapézovým šroubem TR 12 x 2 (poz. 21) o celkové délce 577 mm. Šroub je z obou stran opatřen osazením na průměr 8 mm pro pohodlné umístění do ložiska Matis FF10 (poz. 24) a na protilehlé straně do pevné spojky CPLSC20 - 5 - 8 (poz. 22), která slouží jako spojovací prvek mezi krokovým motorem a trapézovým šroubem.

Pro transformaci rotačního pohybu na přímočarý, je trapézová matice přišroubována na konzolu rozváděcího mechanismu (poz. 25). Tato konzola je upevněna k jezdci, který je nasazen na lineárním vedení MGN12 (poz. 23). Délka lineárního vedení je 600 mm a je připevněno pomocí šroubů M3 k desce pohyblivé části rámu (poz. 26).



Obrázek 23: Rozváděcí mechanismus

Na obrázku 24 je detail trapézové matice lineárního vedení. Pozice 27 je háček, který je připevněn pomocí šroubového spoje k trapézové matici s přírubou TR12 x 2 (poz. 30) a slouží pro upnutí keramického prův laku (poz. 28) o vnitřím průměru 5 mm. Tento prův lak je zde z důvodu lepších mechanických vlastností při průchodu vlákna. Keramický prův lak je do oka háčku přilepen. Pozicí 25 je konzola rozváděcího mechanismu, která slouží pro spojení trapézové matice s jezdcem lineárního vedení MGN12 12H (poz. 29) pomocí šroubů s křížovou drážkou. Tato konzola zabraňuje otáčení trapézové matice a umožňuje pouze její axiální posuv z důvodu požadavku konstantní polohy háčku (poz. 27) a keramického prův laku (poz. 28) při paralelním návinnu dutého vlákna.



Obrázek 24: Detail rozváděcího mechanismu

3.1.5 Konstrukce stojanu - rámu

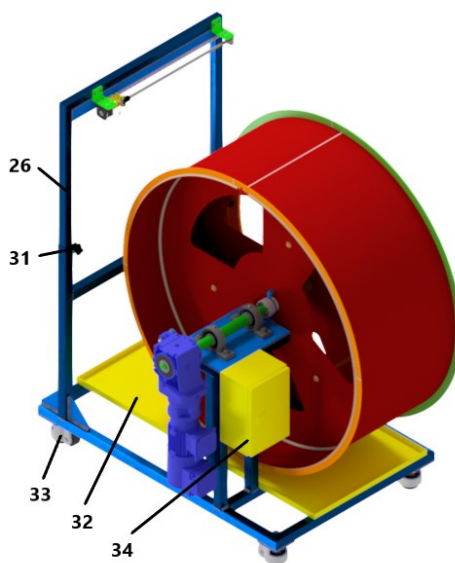
Pro konstrukci stojanu (obrázek 25) jsem zvolil čtvercový jákl o rozměrech 40 x 40 x 3 mm z nerezové oceli ISO X5CrNi18-10 (ČSN 17 240). Jde o nosnou konstrukci celého zařízení.

Rozváděcí mechanismus je upevněn k pohyblivé části rámu (poz. 26), který je zasunut do jäcklového stojanu zařízení. Tato část musí být výškově polohovatelná z důvodu budoucí variability průměrů cívek pro navíjení dutého vlákna. Pohyblivá část rámu je navržena ze čtvercového jäcklu o rozměrech 35 x 35 x 2 mm (ISO X5CrNi18-10, ČSN 17 240) a je ve své poloze aretovaná pomocí dvou plastových ručních matic M10 pro ruční povolení i utažení (poz. 31). Tyto ruční matice jsou šroubovány do matic přivařených na jäcklech stojanu. Aretace funguje na principu přitlačení stěn jäcklů k sobě a tření mezi nimi.

Před samostatným návínem prochází vlákno vodní lázní, proto je součástí stojanu také okapová vana (poz. 32). Vana je pouze volně položena na rám podstavce z důvodu snadného vyprázdnění.

Pro snadnou manipulaci s celým zařízením je součástí stojanu čtveřice pojezdových kol ITEM 0067453 D62 (poz. 33). Součástí pojezdových kol jsou také výsuvné pístky, které po zabrždění ustaví celé zařízení do roviny.

Součástí zařízení je rovněž elektrorozvodná skříň (poz. 34), která slouží pro elektroinstalaci řízení otáček pohonu a krokového motoru.



Obrázek 25: Konstrukce stojanu - rámu

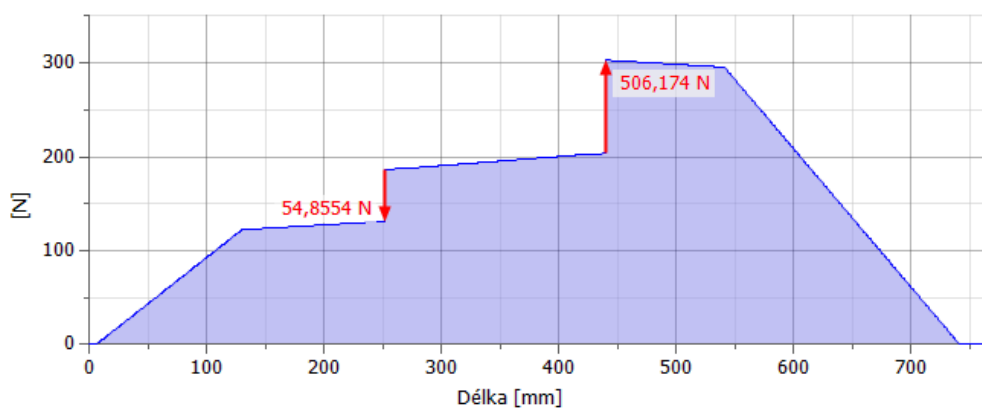
4. DIMENZOVÁNÍ ZAŘÍZENÍ PRO PARALELNÍ NÁVIN EXTRUDOVANÝCH DUTÝCH VLÁKEN

4.1 Výpočet sil působící na hřídel

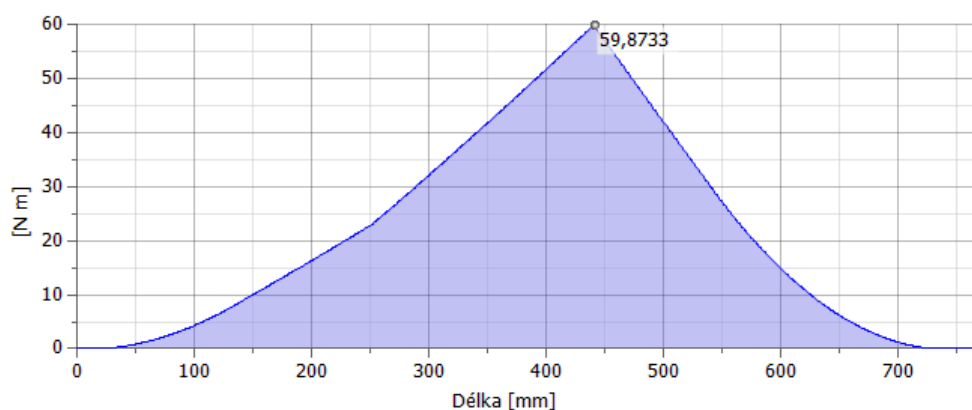
Pro návrh hřídele byl využit Design Accelerator v programu Inventor 2017. Vstupem do výpočtového modelu je konstrukce hřídele, pozice podpor (střed pod ložisky), spojité zatížení (vlevo od pohonu NORD, vpravo od náboje cívky pro návin dutého vlákna).



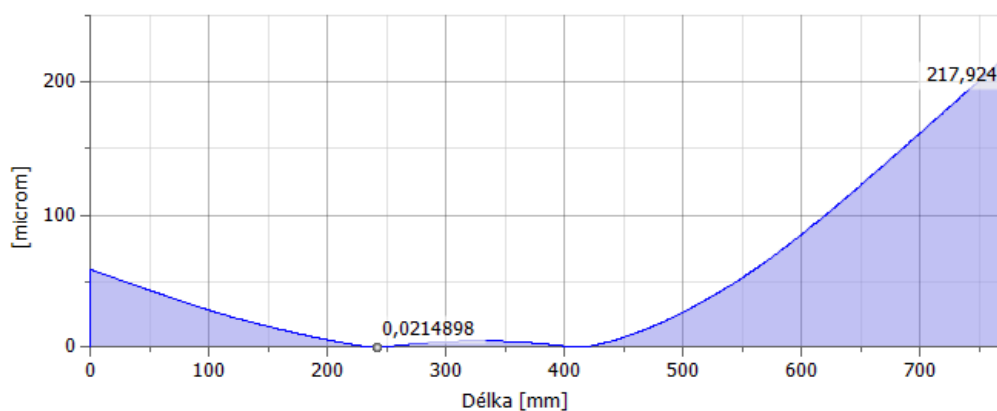
Obrázek 26: Schéma hřídele



Obrázek 27: Průběh posouvajících sil



Obrázek 28: Ohybový moment hřídele



Obrázek 29: Průhyb hřídele

reakce v podporách: $R_A = 54,86 \text{ N}$

$$R_B = 506,17 \text{ N}$$

maximální ohybový moment: $M_{O_{MAX}} = 59,87 \text{ Nm}$

úhel průhybu: $\varphi_{MAX} = 0,05^\circ$

průhyb: $v_{MAX} = 217,924 \text{ } \mu\text{m} = 0,218 \text{ mm}$

4.2 Dimenzování pohonné jednotky cívky

4.2.1 Výběr pohonu

Pro výběr pohonu použijeme katalog NORD (G1035), kde na základě potřebných otáček a kroutícího momentu vybereme odpovídající pohon.

4.2.1.1 Stanovení hmotnosti cívky a návínu

Cívka je navržena z PE a její hmotnost určená pomocí 3D modelu činí: **18 kg**

Při průměru vlákna 2 mm , se na cívku při šíři 500 mm vejde v jedné vrstvě: **250 ovinů**

Obvod cívky:

$$O = \pi \cdot d = \pi \cdot 1,145 = 3,597 \doteq \mathbf{3,6\text{ m}}$$

Při obvodu cívky **3,6 m** je v jedné vrstvě vlákna: $250 \cdot 3,6 = \mathbf{900\text{ m}}$

Maximální výška návínu je dle zadání 20 mm tedy na cívce se navine:

$$20 : 2 = \mathbf{10\text{ vrstev}}$$

Na cívce se tedy navine:

$$10 \cdot 900\text{ m} = \mathbf{9000\text{ m} = 9\text{ km}}$$

Při hmotnosti $1\text{ km} = 1,2\text{ kg}$ má návín na cívce hmotnost **10,8 kg**

Tedy hmotnost celé cívky včetně návínu je:

$$18 + 10,8 = \mathbf{28,8\text{ kg}}$$

kde **18 kg** je hmotnost cívky a **10,8 kg** je hmotnost návínu.

4.2.1.2 Otáčky pohonu

Potřebné otáčky pohonu stanovíme z výkonu extruderu.

Maximální výkon extruderu: **150 m/min**.

Obvod cívky je z minulého výpočtu **3,6 m**.

Potom potřebný počet otáček je:

$$150 : 3,6 = \mathbf{41,7\text{ ot/min}}$$

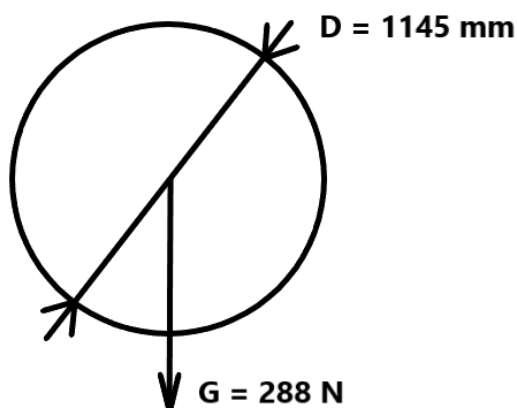
Úhlová rychlost cívky je:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{\pi \cdot 41,7}{30} = 4,36 \text{ rad/s}$$

4.2.1.3 Potřebný kroutící moment pohonu

Z maximálního výkonu extruderu vyplývá, že extruder vyrobí **2,5 m/s** vlákna.

Tedy při zapnutí pohon musí rozběhnout cívku na maximální úhlovou rychlost za **1 s**. Tuto hodnotu volím, jelikož není znám charakter rozběhu extruderu na plný výkon, proto pohon dimenzuji na okamžitý rozběh na maximální výkon.



Obrázek 30: Schéma pro stanovení rozběhového momentu

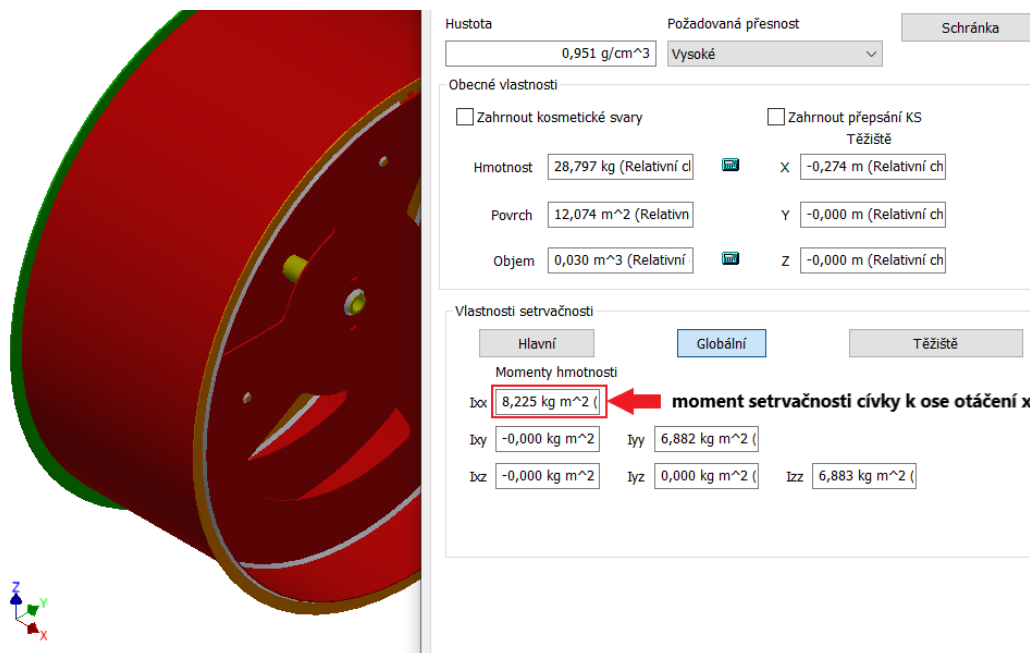
Kroutící moment pohonu stanovíme z pohybové rovnice:

$$M_k = J \cdot \varepsilon$$

ε úhlové zrychlení [rad/s^2]

J moment setrvačnosti [$\text{kg} \cdot \text{m}^2$]

Stanovení momentu setrvačnosti pro rotující cívku kolem osy otáčení x (obrázek 31):



Obrázek 31: Výpočet momentu setrvačnosti cívky v Autodesk Inventor

Moment setrvačnosti podle výpočtu v 3D programu Autodesk Inventor je:

$$J_x = 8,225 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Úhlové zrychlení se vypočítá dle vztahu:

$$\varepsilon = \frac{\omega}{t}$$

ω ... úhlová rychlost [rad/s]

t ... čas [s] – v našem případě 1 s

Tedy:

$$\varepsilon = \frac{\omega}{t} = \frac{4,36}{1} = 4,36 \text{ rad/s}^2$$

Potom rozběhový moment je:

$$M_k = J_x \cdot \varepsilon = 8,225 \cdot 4,36 = 35,86 \text{ Nm}$$

Potřebujeme pohon o kroutícím momentu $M_k = 35,86 \text{ Nm}$ a otáčkách $n = 41,7 \text{ ot/min}$.

Z katalogu NORD je pro dané parametry neoptimálnější pohon (obrázek 32):

P_1 [kW]	n_2 [min ⁻¹]	IE1 M_2 [Nm]	f_B	i_{ges}	F_R	F_A	F_{RVL}	F_{AVL}	Gear unit motor			IE1 i_g	mm B24-25
									IE1	IE2	IE3		
0,18	19	88	0,8	70,00	4,8	12,0	-	-	SK 92172.1 - 63 L/4		SK 92172.1 - 63 LP/4	11,8	
	21	81	0,8	63,78	4,8	12,0	-	-					
	24	71	0,8	56,00	4,8	12,0	-	-					
	29	59	1,6	46,43	4,9	12,0	-	-					
	32	53	1,9	42,30	4,9	12,0	-	-					
	35	49	1,9	38,75	4,9	12,0	-	-					
	37	47	1,9	37,14	4,9	12,0	-	-					
	39	45	2,4	35,31	4,9	12,0	-	-					
	44	39	2,8	31,00	4,9	12,0	-	-					
	48	36	3,0	28,24	4,9	12,0	-	-					
	55	31	3,8	24,80	4,9	12,0	-	-					
	66	26	4,0	20,67	4,9	12,0	-	-					
	89	19	4,8	15,23	4,9	12,0	-	-					
	98	18	6,2	13,87	4,9	12,0	-	-					

Obrázek 32: Katalog 2-stupňových kuželových převodovek NORD s IEC motorem

Pohon: SK92172.1AD – IEC63 – 63L/4 F

Parametry: $n = 44 \text{ ot/min}$

$M_k = 39 \text{ Nm}$

$P = 0,18 \text{ kW}$

Jelikož požadavkem zadání bylo zajistit funkčnost navíjení při třech různých průměrech cívek, při nejmenším průměru cívky 572 mm a maximální rychlosti extruderu 150 m/min , by se měl pohon otáčet rychlostí $83,47 \text{ ot/min}$. Naopak pro největší průměr cívky 1145 mm a při chodu extruderu na nejmenší požadovaný výkon 15 m/min , by otáčky pohonu měly být $4,17 \text{ ot/min}$.

Z obrázku 32 je patrné, že zvolená 2-stupňová kuželová převodovka má převodový poměr $i = 31$ a musí být možné ji regulovat v rozmezí otáček:

$4,17 \text{ ot/min}$... minimální otáčky

$83,47 \text{ ot/min}$... maximální otáčky

Pro regulaci otáček pohonu použijeme frekvenční měnič od firmy NORD s typovým označením SK500E – 370 – 340 – A, který bude umístěn v rozvaděči zařízení.

Pro minimální výkon extruderu **15 m/min**, průměr cívky 1145 mm a minimální otáčky pohonu vychází frekvence:

$$44 \text{ ot/min} \quad \dots \quad 50 \text{ Hz}$$

$$4,17 \text{ ot/min} \quad \dots \quad x$$

$$x = \frac{4,17}{44} \cdot 50 = \mathbf{4,74 \text{ Hz}}$$

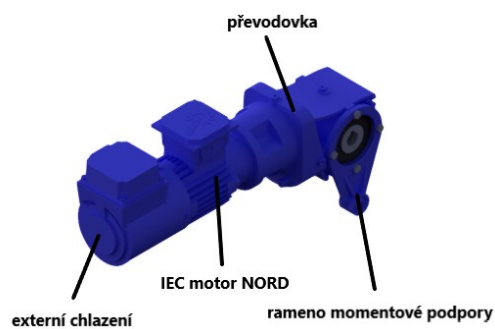
Pro maximální výkon extruderu 150 m/min, průměr cívky 572 mm a maximální otáčky pohonu vychází frekvence:

$$44 \text{ ot/min} \quad \dots \quad 50 \text{ Hz}$$

$$83,47 \text{ ot/min} \quad \dots \quad y$$

$$y = \frac{83,47}{44} \cdot 50 = \mathbf{94,85 \text{ Hz}}$$

Obecně výrobce uvádí, že motor převodovek nemusí být chlazen pomocí cizího extérního chlazení, jestliže rozsah regulace frekvence se nachází v intervalu **20 – 80 Hz**. Z následujícího výpočtu vyplývá, že tedy motor šnekové převodovky musí být chlazen pomocí extérního chlazení.

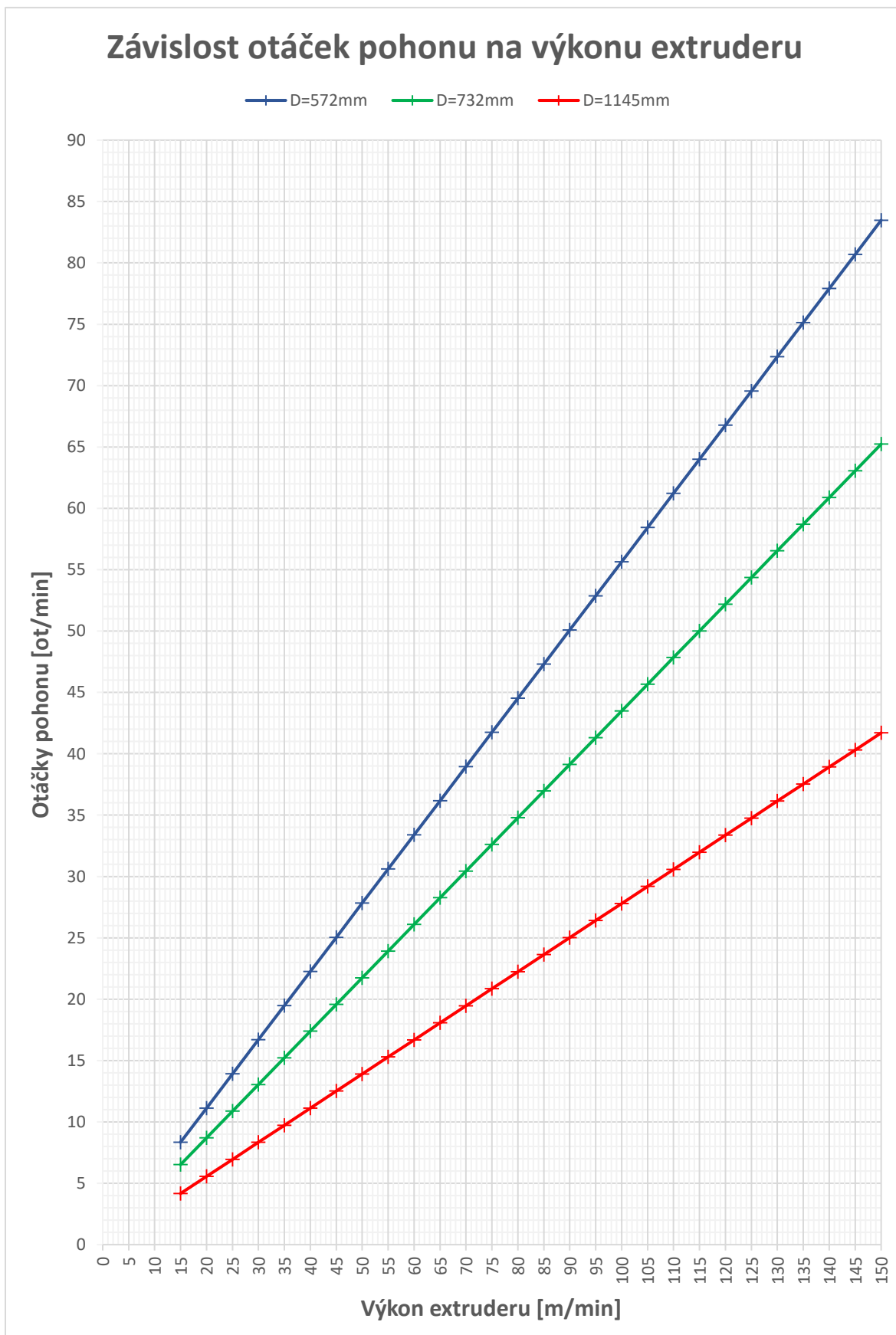


Obrázek 33: Pohon NORD

Přehled potřebných otáček pohonu pro různé průměry cívek a výkony extruderu jsou v tabulce č. 2.

Tabulka 2: Potřebné otáčky pohonu při různých průměrech cívek a výkonech extruderu

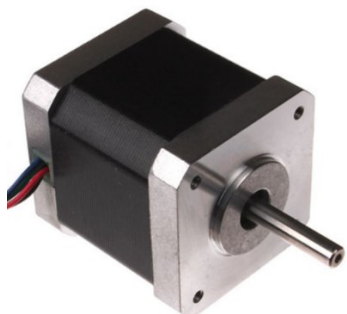
Průměry cívek [mm]		Otáčky pohonu NORD [ot./min]		
		D = 572	D = 732	D = 1145
Výkon extruderu [m/min]	15	8,35	6,52	4,17
	20	11,13	8,70	5,56
	25	13,91	10,87	6,95
	30	16,69	13,05	8,34
	35	19,48	15,22	9,73
	40	22,26	17,39	11,12
	45	25,04	19,57	12,51
	50	27,82	21,74	13,90
	55	30,61	23,92	15,29
	60	33,39	26,09	16,68
	65	36,17	28,27	18,07
	70	38,95	30,44	19,46
	75	41,74	32,61	20,85
	80	44,52	34,79	22,24
	85	47,30	36,96	23,63
	90	50,08	39,14	25,02
	95	52,87	41,31	26,41
	100	55,65	43,48	27,80
	105	58,43	45,66	29,19
	110	61,21	47,83	30,58
115	64,00	50,01	31,97	
120	66,78	52,18	33,36	
125	69,56	54,36	34,75	
130	72,34	56,53	36,14	
135	75,13	58,70	37,53	
140	77,91	60,88	38,92	
145	80,69	63,05	40,31	
150	83,47	65,23	41,70	



Graf 1: Závislost otáček pohomu na výkonu extruderu

4.3 Dimenzování pohonu lineárního vedení

4.3.1 Výběr krokového motoru



Obrázek 34: Krokový motor
NEMA 17

Jako krokový motor jsem zvolil: **NEMA 17 HS 200 1716 0150**.

Parametry: úhel kroku **1,8 °**
 přídržný moment **33 Ncm**
 proud fáze **1,5 A**

Obvodová rychlost otáčení bubnu:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot 1,145 \cdot 41,7}{60}$$

$$v = \mathbf{2,5 \text{ m/s}}$$

Při stoupání pohybového šroubu 2 mm (TR 12 x 2) a průměru vlákna 2 mm se šroub musí otočit za 1 otáčku cívky 1x.

Čas, za který se šroub musí otočit vypočteme pomocí vztahu:

$$v = \frac{l_p}{t} \rightarrow t = \frac{l_p}{v}$$

l_p obvod cívky [m]

v obvodová rychlost [m/s]

Po dosazení:

$$t = \frac{3,6}{2,5} = \mathbf{1,44 \text{ s}}$$

Motor musí vykonat 1 otáčku za **1,44 s**.

Úhel kroku motoru je 1,8 °, tedy 1 otáčka motoru je:

$$\frac{360^\circ}{1,8^\circ} = \mathbf{200 \text{ kr.}}$$

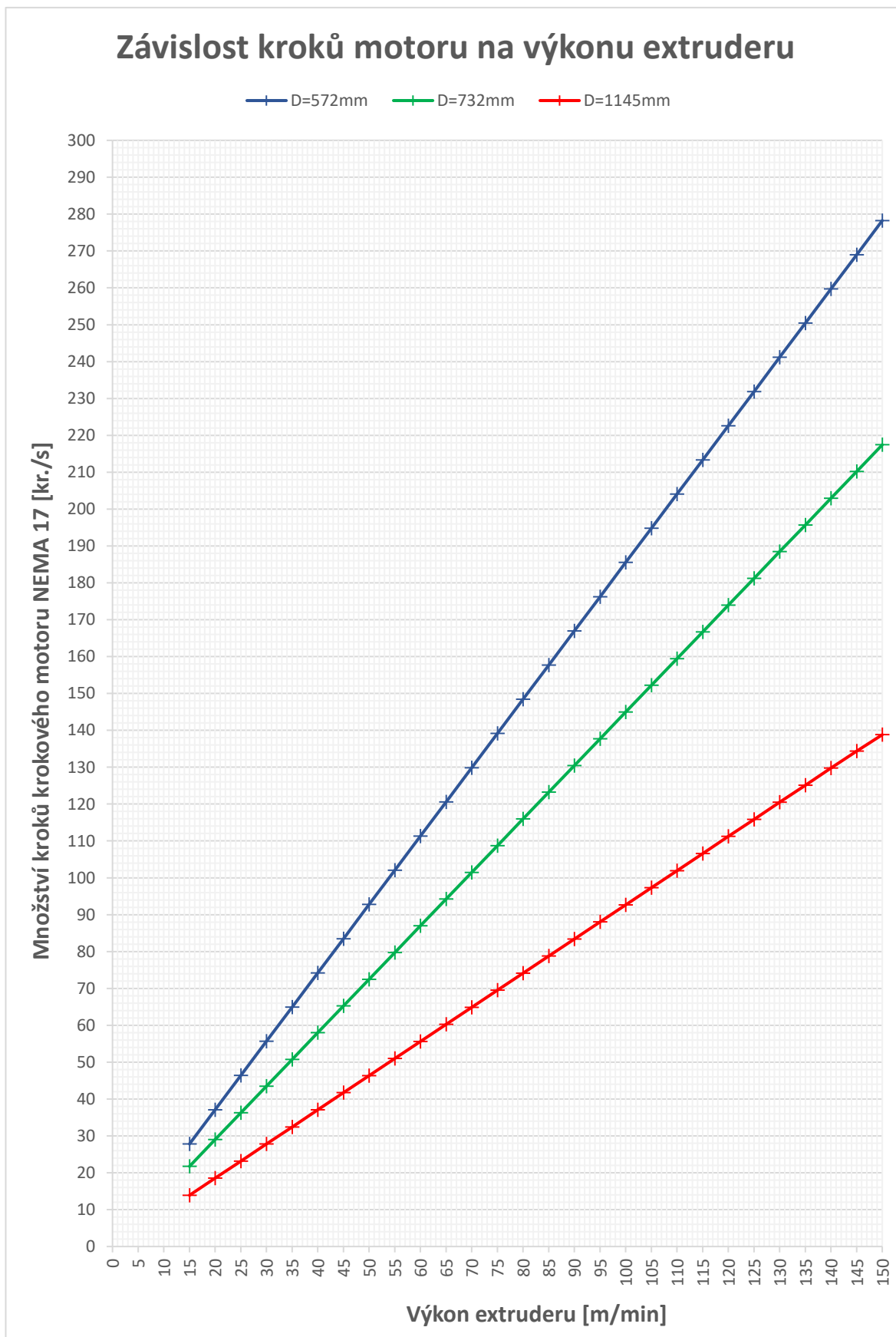
Potom motor musí krokovat v taktu:

$$200 : 1,44 = \mathbf{138,8 \text{ kr./s}}$$

Přehled potřebných taktů krokového motoru pro různé průměry cívek a výkony extruderu jsou v tabulce č. 3.

Tabulka 3: Parametry pro různé velikosti cívek a výkony extruderu

Průměry cívek [mm]		Počet kroků NEMA 17 [kr./s]		
		D = 572	D = 732	D = 1145
Výkon extruderu [m/min]	15	27,82	21,74	13,9
	20	37,1	28,99	18,53
	25	46,37	36,24	23,17
	30	55,65	43,48	27,8
	35	64,92	50,73	32,43
	40	74,2	57,98	37,07
	45	83,47	65,23	41,7
	50	92,75	72,47	46,33
	55	102,02	79,72	50,97
	60	111,3	86,97	55,6
	65	120,57	94,22	60,23
	70	129,85	101,46	64,87
	75	139,12	108,71	69,5
	80	148,4	115,96	74,13
	85	157,67	123,21	78,77
	90	166,95	130,45	83,4
	95	176,22	137,7	88,03
	100	185,5	144,95	92,67
	105	194,77	152,2	97,3
	110	204,04	159,44	101,93
115	213,32	166,69	106,57	
120	222,59	173,94	111,2	
125	231,87	181,19	115,83	
130	241,14	188,43	120,47	
135	250,42	195,68	125,1	
140	259,69	202,93	129,73	
145	268,97	210,18	134,37	
150	278,24	217,42	138,8	



Graf 2: Závislost kroků motoru na výkonu extruderu

5. ZÁVĚR

V úvodu práce byla zpracována rešerše možných způsobů navíjení vláknenných struktur. Z těchto možných druhů navíjení byl vybrán paralelní neboli rovnoběžný způsob návín, při kterém dochází ke kladení vlákna těsně vedle sebe. Tento způsob návín byl požadavkem zadání bakalářské práce a jeví se jako nejlepší varianta.

Cílem práce bylo navržení zařízení, které by navíjelo extrudovaná dutá vlákna. Konstrukce stojanu je tvořena z nerezových profilů, obsahuje výškově nastavitelnou část pro připevnění rozváděcího mechanismu dutého vlákna. Letmo uložená hřídel je osazena pohonem NORD a také cívkou pro návín dutého vlákna. Požadavkem bylo navrhnout toto zařízení pro tři různé průměry cívek, jelikož do budoucna firma Membrain s. r. o. počítá s navíjením na různé obvody z důvodu přípravy na následnou operaci stříhání a další zpracování. Zařízení je vybaveno okapovou vanou a také rozvaděčovou skříní pro montáž elektroinstalace. Pro ustavení zařízení do roviny jsou pojezdová kola vybavena vysouvacími pístkami. Byla vymodelována sestava všech částí zařízení. Součástí práce je také výkresová dokumentace všech dílů zařízení.

Zařízení pro paralelní návín musí být řízeno elektronicky, jelikož pro splnění požadavků na variabilitu navíjecích průměrů cívek nelze otáčky pohonu cívky a krokového motoru mechanicky svázat. Z tohoto důvodu elektroinstalace a řízení stroje bude řešena pracovníky firmy Membrain s.r.o.

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1: EXTRUDOVANÉ DUTÉ VLÁKNO	11
OBRÁZEK 2: (A) KUŽELOVÁ, (B) VÁLCOVÁ, (C) KUŽELOVÁ SE ZKOSENÝM ČELEM, (D) VÁLCOVÁ PŘÍRUBOVÁ, (E) KING CÍVKA.....	12
OBRÁZEK 3: DRUHY CÍVEK NAVÍJENÝCH PARALELNÍM NÁVINEM.....	14
OBRÁZEK 4: KOVOVÝ BUBEN	15
OBRÁZEK 5: PŘEKLIŽKOVÁ CÍVKA (VLEVO) A DŘEVĚNÁ CÍVKA (VPRAVO).	16
OBRÁZEK 6: PŘEVÍJECÍ ZAŘÍZENÍ	17
OBRÁZEK 7: SVISLÉ NAVÍJECÍ ZAŘÍZENÍ FS01C	18
OBRÁZEK 8: NAVÍJECÍ ČÁST ZAŘÍZENÍ FS03C	18
OBRÁZEK 9: ODVÍJECÍ ČÁST ZAŘÍZENÍ FS03C	18
OBRÁZEK 10: LANOVÝ BUBEN.....	19
OBRÁZEK 11: HLADKÝ TŘECÍ BUBEN (NALEVO) A BUBEN LANOVÉHO PŘESUNOVACÍHO ZAŘÍZENÍ (VPRAVO).....	20
OBRÁZEK 12: PŘESNÉ VEDENÍ LANA NA BUBEN POMOCÍ PROMĚNNÉHO ÚHLU, SESTAVA KOMPENZÁTORU S BUBNEM (VLEVO), POPIS ČÁSTÍ KOMPENZÁTORU (VPRAVO).....	21
OBRÁZEK 13: VYZNAČENÍ POHYBU KLADNICE S KLADKOU	22
OBRÁZEK 14: ZAŘÍZENÍ NA PARALELNÍ NÁVIN	23
OBRÁZEK 15: CELKOVÁ SESTAVA ZAŘÍZENÍ.....	24
OBRÁZEK 16: SVĚRNÉ POUZDRO (POZ. 8; VLEVO), SVĚRNÉ POUZDRO (POZ. 9; VPRAVO)	25
OBRÁZEK 17: ULOŽENÍ CÍVKY NA HŘÍDELI	25
OBRÁZEK 18: POHLED NA ULOŽENÍ UNAŠECÍ KONZOLY	26
OBRÁZEK 19: ULOŽENÍ HŘÍDELE A POHONU	27
OBRÁZEK 20: SESTAVA CÍVKY	28
OBRÁZEK 21: DETAIL ODNÍMATELNÉHO ČELA	29
OBRÁZEK 22: DETAIL ŘEŠENÍ FIXACE VLÁKNA	29
OBRÁZEK 23: ROZVÁDĚCÍ MECHANISMUS	30
OBRÁZEK 24: DETAIL ROZVÁDĚCÍHO MECHANISMU	31
OBRÁZEK 25: KONSTRUKCE STOJANU - RÁMU	32

OBRÁZEK 26: SCHÉMA HŘÍDELE	33
OBRÁZEK 27: PRŮBĚH POSOUVAJÍCÍCH SIL	33
OBRÁZEK 28: OHYBOVÝ MOMENT HŘÍDELE	34
OBRÁZEK 29: PRŮHYB HŘÍDELE	34
OBRÁZEK 30: SCHÉMA PRO STANOVENÍ KROUTÍCÍHO MOMENTU	36
OBRÁZEK 31: VÝPOČET MOMENTU SETRVAČNOSTI CÍVKY V AUTODESK INVENTOR.....	37
OBRÁZEK 32: KATALOG 2-STUPŇOVÝCH KUŽELOČELNÍCH PŘEVODOVEK NORD S IEC MOTOREM.....	38
OBRÁZEK 33: POHON NORD	39
OBRÁZEK 34: KROKOVÝ MOTOR NEMA 17	42

SEZNAM TABULEK

TABULKA 1: PARAMETRY NÁVINU.....	13
TABULKA 2: POTŘEBNÉ OTÁČKY POHONU PŘI RŮZNÝCH PRŮMĚRECH CÍVEK A VÝKONECH EXTRUDERU	40
TABULKA 3: PARAMETRY PRO RŮZNÉ VELIKOSTI CÍVEK A VÝKONY EXTRUDERU	43

SEZNAM GRAFŮ

GRAF 1: ZÁVISLOST OTÁČEK POHONU NA VÝKONU EXTRUDERU	41
GRAF 2: ZÁVISLOST KROKŮ MOTORU NA VÝKONU EXTRUDERU.....	44

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Pustka, Z.: *Základy konstruování*, Skriptum, TU v Liberci, 2008.
- [2] Leinveber, J., Vávra, P.: *Strojnické tabulky (čtvrté doplněné vydání)*, ALBRA, Úvaly, 2008
- [3] Talavášek, O. a Jiří Plíštil: *Příprava materiálu ke tkání*. Praha: SNTL, 1984.
- [4] Pešík, L.: *Části strojů*, Skriptum, TU v Liberci, 2010
- [5] Meerkamm, H.: *Technical pocket guide*. University of Erlangen-Nuremberg. Schaeffler Technologies GmbH & Co.KG, 1st edition, March 2014.
- [6] Jandouš, V.: *Mechanizační zařízení*, Skriptum, Vysoká škola dopravy a spojov v Žiline
- [7] Amrich M., *Navíjecí zařízení pro skupinové navíjení*. Liberec, 2013. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Ing. Jozef Kaniok, Ph.D.
- [8] Dolinay J., *Návrh stroje pro odizolování plochých kabelů*. Brno, 2012. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.
- [9] Nepor V., *Návrh mechanismu pro navíjení lana na buben*. Ostrava, 2018. Diplomová práce. Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Dr.Ing. Jaroslav Melecký

INTERNETOVÉ ZDROJE

- [10] Misumi Europe – online shop [online] 2019. Dostupné z internetu:
<https://uk.misumi-ec.com>.
- [11] 3D modely součástí [online] 2019. Dostupné z internetu:
<https://www.traceparts.com/cs>.
- [12] Krokové motory [online] 2019. Dostupné z internetu:
<http://raveo.cz/krokove-motory>.
- [13] Převodovky NORD [online] 2019. Dostupné z internetu:
<https://www.nord.com>.
- [14] Obrázky vláken [online] 2019. Dostupné z internetu:
<https://www.google.cz>.

- [15] Screw Levelvinder: The LEBUS® Diamond Screw Levelwinder [online] 2019. Dostupné z internetu: <https://lebus-germany.com>.
- [16] Kabelové bubny. In. [online] 2019. Dostupné z internetu: <http://www.kabelovebubny.cz>.

SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace

SEZNAM NAKUPOVANÝCH KOMPONENTŮ

NÁZEV	OZNAČENÍ	KUS	OBCHOD
LOŽISKO	UCP 207	2KS	www.pksevis.com
POJEZDOVÉ KOLO	ITEM - 0067453 JACKING CASTOR D62	4KS	www.item.cz
KUŽELOČELNÍ PŘEVODOVKA S IEC MOTOREM	SK92172.1AD – IEC63 – 63L/4 F	1KS	www.nord.com
SVĚRNÉ POUZDRO D30	SCSH30	1KS	www.misumi-ec.com
SVĚRNÉ POUZDRO D35	PSCML35	1KS	www.misumi-ec.com
RUČNÍ KOLEČKO S PLNÝM TVAREM	LOBE KNOBS VC.692/50 P - M10x20	2KS	www.elesa-ganter.com
POJISTNÝ KROUŽEK	CSN 022930 - 25	1KS	www.pksevis.com
TĚSNÉ PERO	CSN 02 2562 - 8x7x50	1KS	www.pksevis.com
ROZVADĚČOVÁ SKŘÍŇ	AE 1035.500	1KS	www.rittal.com
TRAPÉZOVÝ ŠROUB T12x2 - 577	MTSBRW12-577-F16- V8-S10-Q8	1KS	www.misumi-ec.com
TRAPÉZOVÁ MATICE S PŘÍRUBOU	MTSRN12	1KS	www.misumi-ec.com
KROKOVÝ MOTOR	NEMA 17 HS 200 1716 0150	1KS	www.raveo.cz
KONZOLA NA UCHYCENÍ KROKOVÉHO MOTORU	KONZOLA PRO NEMA 17	1KS	www.postavrobota.cz
PŘÍRUBOVÉ ULOŽENÍ	MATIS FF10	1KS	www.matis.cz
LINEÁRNÍ VEDENÍ I S POJEZDEM	MGN12 LINEAR GUIDE RAIL 600 mm, MGN12 LINEAR GUIDE 12H	1KS	www.banggood.com
SPOJKA PEVNÁ	CPLSC20 - 5 – 8 – STAINLESS STEEL	1KS	www.misumi-ec.com
RUČNÍ KOLEČKO S PLNÝM TVAREM	VC.692/25 p-M5x20	4KS	www.elesa-ganter.com
RUČNÍ KOLEČKO S VNITŘ. Z.	VC.692/25-SST-M5	4KS	www.elesa-ganter.com