

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Chodítka pro imobilní osoby

Walker for Disabled Persons

Student:

Filip Flegr

Vedoucí bakalářské práce:

Dr. Ing. Anna Plchová

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student: **Filip Flegr**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 60 Průmyslový design
Téma: Chodítka pro imobilní osoby
Walker for Disabled Persons

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši v oblasti navrhovaného zařízení.
2. Navrhněte variantní řešení a zdůvodněte výběr řešené varianty v souladu s cíli práce.
3. Pro vytvoření 3D modelu vašeho řešení zvolte CAD/CAM systém používaný na Fakultě strojní.
4. Ze 3D modelu vytvořte sestavný výkres vámi navrhovaného zařízení.
5. Nakreslete jeden dílenský výkres ze sestavy (zadání bude upřesněno v průběhu řešení).
6. Proveďte nezbytné výpočty s využitím speciálních SW.
7. Bakalářská práce vyhotovená v souladu s požadavky a předpisy FS bude obsahovat úvodní rešerši, návrh konceptu, nezbytné pevnostní výpočty a popis konstrukčního řešení.
8. Rozsah práce: min. 35 stran textu mimo přílohy, výkresová část formát A1.
9. Pro obhajobu zhotovte fyzický model některého vybraného prvku, bude upřesněno v průběhu řešení práce, dále vizualizaci finálního návrhu.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] FS_SME_05_003 verze: G *Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce.*,
- [2] ČSN ISO 690 (01 0197) *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů.* Praha: Český normalizační institut, 2011. 40 s.
- [3] PLCHOVÁ, A., HRUDIČKOVÁ, M. *Design v konstrukci strojů návody do cvičení: skriptum.* 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2005. 54 s. ISBN 80-248-0794-7.
- [4] DEJL Z. *Konstrukce strojů a zařízení I – Spojovací části strojů.* Ostrava: Montanex, 2007. 225s. ISBN 80-7225-018-3.
- [5] KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části spojovací: skriptum.* 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [6] NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů: skriptum 2. vyd .* Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 111 s. ISBN 978-80-248-1782-8.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

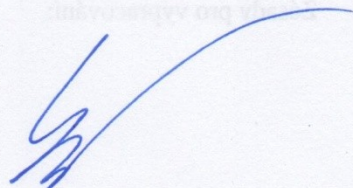
Vedoucí bakalářské práce: **Dr.Ing. Anna Plchová**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem veškeré použité podklady a literaturu.

V Ostravě 14.5.2016

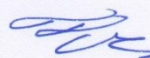
..... 

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užívat (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užit dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užit své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 14.5.2016



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Filip Flegr

Adresa trvalého pobytu autora práce: Na Mýtě 21, Ostrava - Hrabůvka, 700 30

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

FLEGR, F. Chodítka pro imobilní osoby: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2016, 43 s. Vedoucí práce: Dr. Ing. Anna Plchová.

Bakalářská práce se zabývá návrhem chodítka pro imobilní osoby. V rešerši je především rozdělení pacientů dle jejich potřeb. V další části se věnuje samotnému návrhu z ergonomického, designového a konstrukčního řešení. Následuje zpracování v grafických programech. Na konci bakalářské práce je detailní popis finální verze a zhodnocení.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

FLEGR, F. Walker for Disabled Persons: bachelor thesis. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2011, 43 s. Thesis head: Dr. Ing. Anna Plchová.

The bachelor thesis deals with the walker for disabled persons. The search is mainly stratify patients according to their needs. The next section focuses on the ergonomics, design and construction solution. Following processing in graphic programs. At the end of the thesis is a detailed description and evaluation of the final version.

Poděkování

V úvodu bych chtěl poděkovat Dr. Ing. Anně Plchové a MgA. Petru Neničkovi za užitečnou pomoc a rady při vypracování mé bakalářské práce.

Seznam použitých symbolů a zkratk

ČSN	české technické normy	
l	délka	mm
τ_{Dov}	dovolené napětí v ohybu	MPa
EN	evropské technické normy	
a	charakteristický rozměr svaru	mm
π	konstanta pí	3,14
MKP	metoda konečných prvků	
R_e	mez kluzu	MPa
W_o	modul průřezu v ohybu	
τ	napětí v ohybu	MPa
M_o	ohybový moment	Nm
F	síla	N
K_s	statická bezpečnost	-
D	vnější průměr	mm
d	vnitřní průměr	mm

Obsah

Úvod	11
Cíle práce	11
1. Rešerše	12
1.1 Rozdělení	12
1.1.1 Doba léčení	13
1.1.2 Míra imobilnosti	13
1.1.3 Opora těla	13
1.1.4 Tělesné proporce	13
1.1.5 Cena	14
1.1.6 Design	14
1.2 Průzkum trhu	15
2 Požadavky na provedení	19
3 Ergonomická studie	20
3.1 Šířka chodítka:	20
3.2 Rozteč madel:	20
3.3 Výška úchopu:	20
4 Návrh koncepce řešení	21
4.1 Chodítko s koly:	21
4.1.1 Systém skládání:	22
4.1.2 Systém brzdění	22
4.1.3 Brzdové páky	22
4.2 Chodítko pevné	23
4.2.1 Skici a výběr varianty	23
4.2.2 Výroba z kovu	25
4.2.3 Rukojeti	26
4.2.4 Násadce	27
4.2.5 Spojení dílů	28
4.2.6 Nastavení výšky úchopu	31
4.3 Výpočet	32
4.4 Výpočet svaru	32
4.5 Pevnostní analýza	33
4.6 Inventor	34
4.7 Rinoceros	35

4.8	Fyzický model	36
4.8.1	Volba měřítka	36
4.8.2	Materiál	36
4.8.3	Výroba	37
4.8.4	Povrchová úprava.....	38
5	Detailní popis finálního provedení.....	39
6	Závěr.....	41
7	Seznam použité literatury	43
8	Seznam příloh.....	43

Úvod

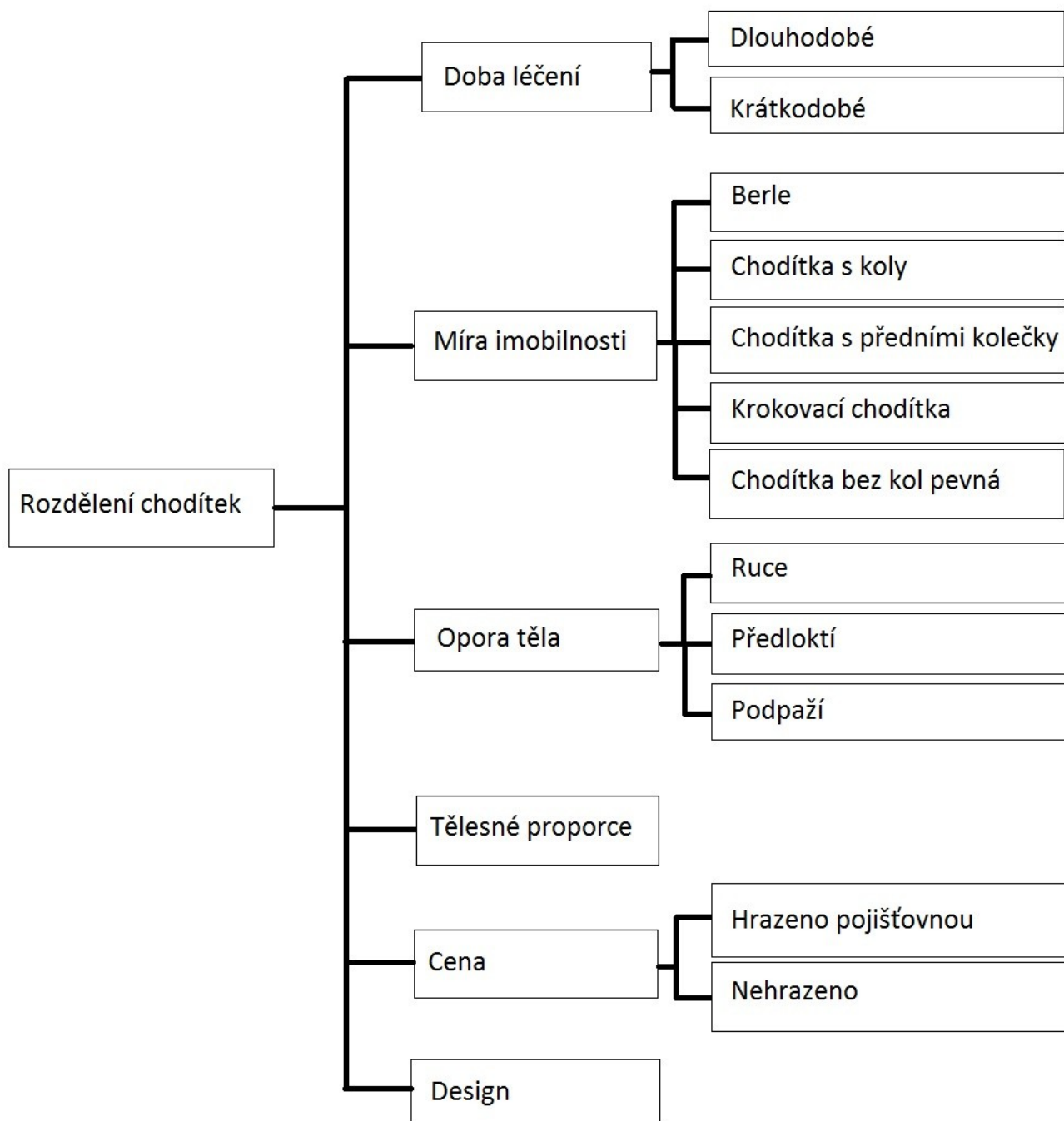
Tato bakalářská práce se zabývá návrhem pomůcky pro pacienty s postižením dolních končetin. Měla by sloužit jako dlouhodobá kompenzace při ztrátě mobility, nebo jako rehabilitační pomůcka. Téma bylo vybráno na základě konfrontace s neergonomicky řešenými chodítky a chodítky bez dostatečné tuhosti, které nabízí trh.

Cíle práce

Cílem práce bylo navržení chodítka pro imobilní osoby tak, aby splňovalo standardy tohoto druhu výrobku, ergonomické požadavky a zároveň bylo designově odlišné. Nemalou roli při návrhu má ekonomické hledisko.

1. Rešerše

1.1 Rozdělení



1.1.1 Doba léčení

Některá chodítka slouží pacientům, zotavujícím se z různých úrazů. Pokud předpokládáme uzdravení, pacient využívá různá chodítka v rehabilitačních centrech. Po zlepšení stavu si pacient při chůzi pomáhá berlemi.

Zejména u postarších lidí nedochází k regeneraci a svalstvo postupně ochabuje. U takovýchto pacientů se předpokládá setrvalý stav. Chodítka bude dlouhodobě používat určitý pacient a musí mu tedy vyhovovat.

1.1.2 Míra imobilnosti

Nejvíce mobilní pacienti budou pravděpodobně používat berle, které jim zajišťují podporu těla, stabilitu, ale zároveň jsou velmi skladné a pacient je s nimi obratný i v menších prostorách.

Chodítka s brzděnými koly zajišťují daleko větší stabilitu než berle, jsou ale daleko těžší a neobratné. Proto je používají především pacienti, kteří se na krátké vzdálenosti pohybují svépomocně a využívají je na delší vycházky. Některé z nich jsou vybaveny úložným prostorem, sedátkem nebo držákem berlí.

Pro pacienty, kteří potřebují stálou oporu, jsou určena chodítka bez kol. Tento typ je nejstabilnější. Musí být navíc navržen tak, aby s ním bylo možno procházet i užšími dveřmi. Musí však být zvedáno a posouváno při každém kroku. Tento problém řeší kloubový systém, nebo chodítka, která mají vpředu malá kolečka. Ty mohou být pouze sunuta po zemi.

1.1.3 Opora těla

Nejčastěji používaná chodítka mají obyčejné rukojeti zhruba v úrovni pasu. Jiné typy mají úchop výš a opěru i pro předloktí, nebo podepírají člověka pod pažemi.

1.1.4 Tělesné proporce

Pro pacienty, kterým nevyhovuje žádné z běžně dostupných chodítek, existují speciální chodítka s upravenými rozměry nebo vyšší nosností. Lze je také vyrobit individuálně, přesně podle požadavků pacienta. Budou však mnohem dražší.

1.1.5 Cena

Obyčejná chodítka jsou hrazena pojišťovnou, ta lepší a dražší pojišťovny nehradí. Příkladem může být chodítko s červenými prvky na obrázku 6.

1.1.6 Design

Z hlediska designu chodítka nelze jednoznačně rozdělit, protože všechna mají podobný tvar a všechna jsou vyrobena z kovu.

1.2 Průzkum trhu

Konstrukce chodítka je vyrobena z hliníkových trubek a osazena plastovými doplňky. Na obrázku 1 je klasické čtyřbodové chodítko. Má duralovou konstrukci, dá se skládat a výškově nastavovat mezi 78 - 96 cm. V místech úchopu se nachází obyčejné pěnové madla. Gumové násady na konce noh jsou samozřejmostí. Cena takového výrobku je 2 300 Kč a je plně hrazena pojišťovnou.



Obr. 1 Chodítko pevné [3]

Další modifikací klasického základního modelu může být krokovací systém. V takovém případě jsou obě bočnice spojeny pohyblivými klouby. Často jsou používána přední malá kolečka pro snadnější posouvání, bez zvedání. V tomto případě je cena o něco vyšší.



Obr. 2 Chodítko krokové [3]



Obr. 3 Chodítko s předními kolečky [3]

Tříkolové chodítko s brzděnými koly s aretací. Má výškově stavitelná madla v rozsahu 82 - 98 cm. Je vybaveno odnímatelnou taškou. Pro přepravu je možno jej složit. Je určeno zejména pro zdatnější uživatele. Cena je zhruba 3 500 Kč.



Obr. 4 Chodítko tříkolové, Ideál [3]

Chodítka mívají ale většinou čtyři kola a mnohá z nich jsou navíc vybavena sedátkem s opěradlem. Nosnost modelu na obr. 5 činí 135 kg. Jeho cena je 5000 Kč a je také hrazeno zdravotní pojišťovnou.



Obr. 5 Čtyřkolové chodítko, Rollmobil - Magic[3]

Jednotlivé modely se dále liší systémem skládání a zpracováním. Cena se potom může vyšplhat až na 10 000 Kč. Tyto dražší modely již nehradí zdravotní pojišťovna.



Obr. 6 Chodítko Taima XC [3]

Někteří pacienti potřebují podepírat celé tělo. Pro ně je navrženo podepírání pod pažemi. Takovéto chodítko je určeno především do interiérů s hladkým povrchem. Cena těchto jednoduchých výrobků je 4 000 Kč.



Obr. 7,8 Chodítka podepírající paže, U2 a U2A [3]

Toto chodítko s předloketní oporou má mnoho nastavitelných prvků v různých směrech a úhlech. Má brzděná zadní kola a konstrukce je vyrobena z hliníku. Jeho cena je 14 000 Kč.



Obr. 9 Chodítko podepírající předloktí, Platform [3]

Na závěr, na obr 10, je masivní ocelové chodítko s trubkami o průměru 32 mm. Jeho nosnost je přes 300 kg, avšak cena činí 54 000 Kč.



Obr. 10 Chodítko předloketní XXL [3]

2 Požadavky na provedení

Chodítka musí mít dostatečně tuhou konstrukci tak, tak aby nedošlo k prohýbání a uživatelé měli pocit jistoty při opírání. Dalším zásadním bodem je stabilita. Chodítka se nesmí převrhnout ani při nerovnoměrném zatěžování, ale zároveň jeho rozměry musí umožňovat bezproblémový pohyb v obytných prostorech. Mělo by být co nejlehčí, aby jej mohli bez problému používat i postarší nebo slabší uživatelé. Musí vyhovovat lidem s různými tělesnými proporcemi. Při navrhování chodítka s koly přibývají navíc další požadavky. Pro vysokou stabilitu je ideální použít čtyři kola, z nichž zadní jsou pevná a brzděná a přední jsou natáčecí. Brzdové páky by měly být lehce stlačitelné a zároveň umožňovat brzdění z jakékoli polohy úchopu. Chodítka musí být snadno složitelné, aby jej šlo lehce převážet autem, nebo uschovat.

3 Ergonomická studie

V následujícím textu jsou zmíněny důležité parametry, které je nutno respektovat při návrhu chodítka.

3.1 Šířka chodítka:

Zvolením správné šířky umožníme bezproblémový pohyb ve vnitřních obytných prostorech. Budu vycházet z rozměrů dveří, jakožto z nejužšího průchozího místa. Běžně používané dveře jsou široké 80 cm. Chodítka jsem tedy navrhl s maximální šířkou 75 cm. V nemocničních zařízeních, nebo domech s pečovatelskou službou je šířka dveří podstatně širší než 80 cm, naopak některé dveře do koupelen, WC či různých spíží mohou mít šířku pouze 60 cm. V takových místnostech je ideální vytvoření pevných madel, umožňujících pacientovi bezpečný pohyb i po zanechání chodítka ve vedlejší místnosti.

3.2 Rozteč madel:

Podle antropometrie je běžná šířka ramen u mužů 48 cm a u žen 44 cm. Pro dobrou stabilitu při chůzi by byla vhodná co největší rozteč. Zvolil jsem ji však s hodnotou 50 cm, s ohledem na to aby ruce nepřesahovaly celkovou šířku chodítka.

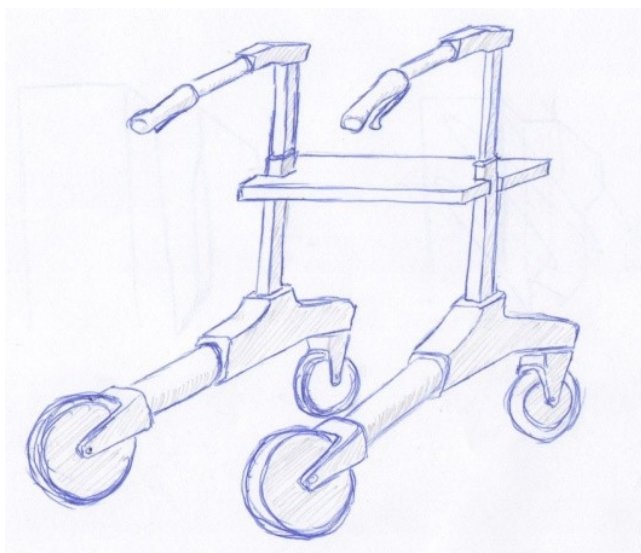
3.3 Výška úchopu:

Podle antropometrie je běžná výška úchopu u mužů 77 cm a u žen 72 cm. Ruce byly u těchto měření volně spuštěny podél těla. Chodítka je ale nutné tlačit nebo pokládat před sebe. Výška úchopu madel bude tedy o něco větší. Zvolil jsem tedy hodnotu v rozsahu 75-95 cm, tak aby vyhovovalo různě vysokým uživatelům. Tomuto rozmezí zhruba odpovídají i chodítka dostupná na trhu.

4 Návrh koncepce řešení

4.1 Chodítko s koly:

Prvním návrhem bylo chodítko s koly obr. 11. Takovéto chodítko je pro zdatnější uživatele, kteří s ním mohou chodit na delší vycházky po zpevněném povrchu díky kolům. Bylo by vyrobeno z kovových profilů. Ty by byly nalisovány do plastových spojovacích dílů. Skládalo by se ze dvou nezávislých bočních částí propojených odnímatelnou deskou. Madla by byla výškově nastavitelná na svislé části. Přední kola by byla vertikálně otočná jako na nákupních košicích a zadní kola brzděná. Tento návrh se však nijak designově neodlišoval od chodítek běžně dostupných.



Obr. 11 Skica chodítka s koly celkový pohled

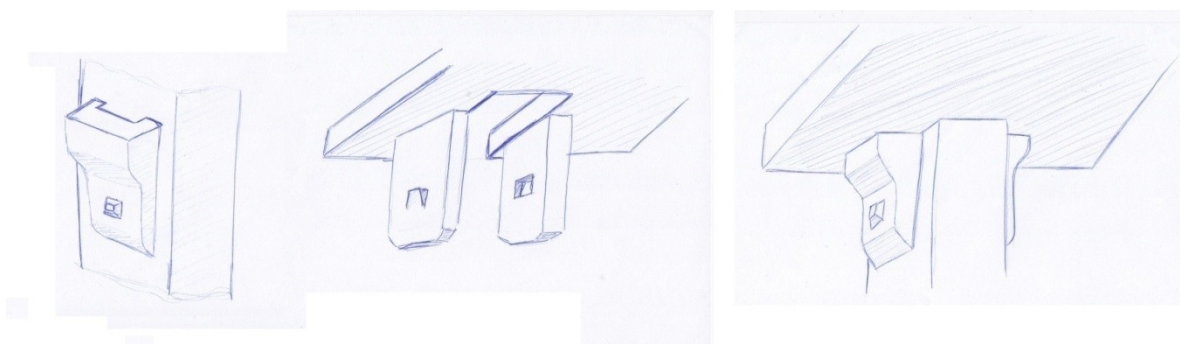


Obr. 12 Skica chodítka s koly boční pohled

4.1.1 Systém skládání:

Chodítko by mělo být snadno rozložitelné na velikost, ve které je možno jej převážet autem. Nepředpokládá se, že by sám uživatel chodítko rozkládal. Nemusí být tedy řešeno tak aby ho byli schopni obsluhovat samotní imobilní uživatelé.

Rozkládalo by se odpojením příčné desky, která by zároveň sloužila jako sedátko.



Obr. 13 Skica systému skládání

4.1.2 Systém brzdění

Brzdy musí být lehce stlačitelné. Mohou být aretovatelné, aby si uživatel mohl sednout a chodítko zůstalo stát. Uživatel brzdí stlačením páky směrem k rukojeti, a aretaci většinou provádí odtlačením brzdové páky od rukojeti.

4.1.3 Brzdové páky

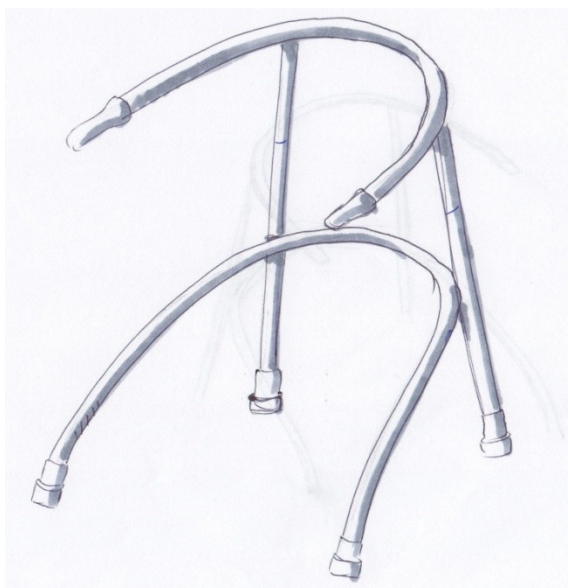
Klasická brzdová páka s jedním čepem se oddaluje od madla, kdežto páka se čtyřmi čepy je v celé délce od madla stejně vzdálena



Obr. 14 Skica chodu brzdové páky

4.2 Chodítko pevné

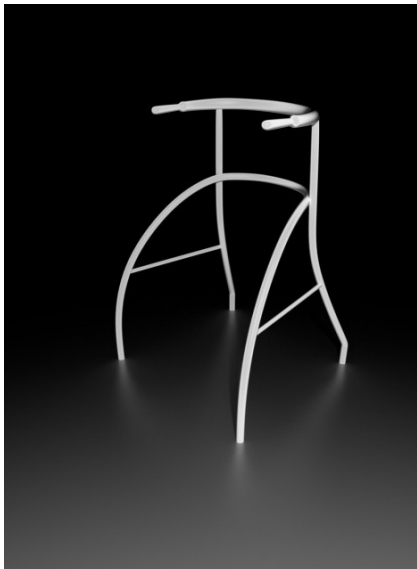
První návrh se příliš podobal běžně dostupným chodítkům. Nakreslil jsem tedy jednoduchou skicu pevného chodítka z ohýbané konstrukce, obr. 15.



Obr. 15 Skica chodítka z ohýbaných trubek

4.2.1 Skici a výběr varianty

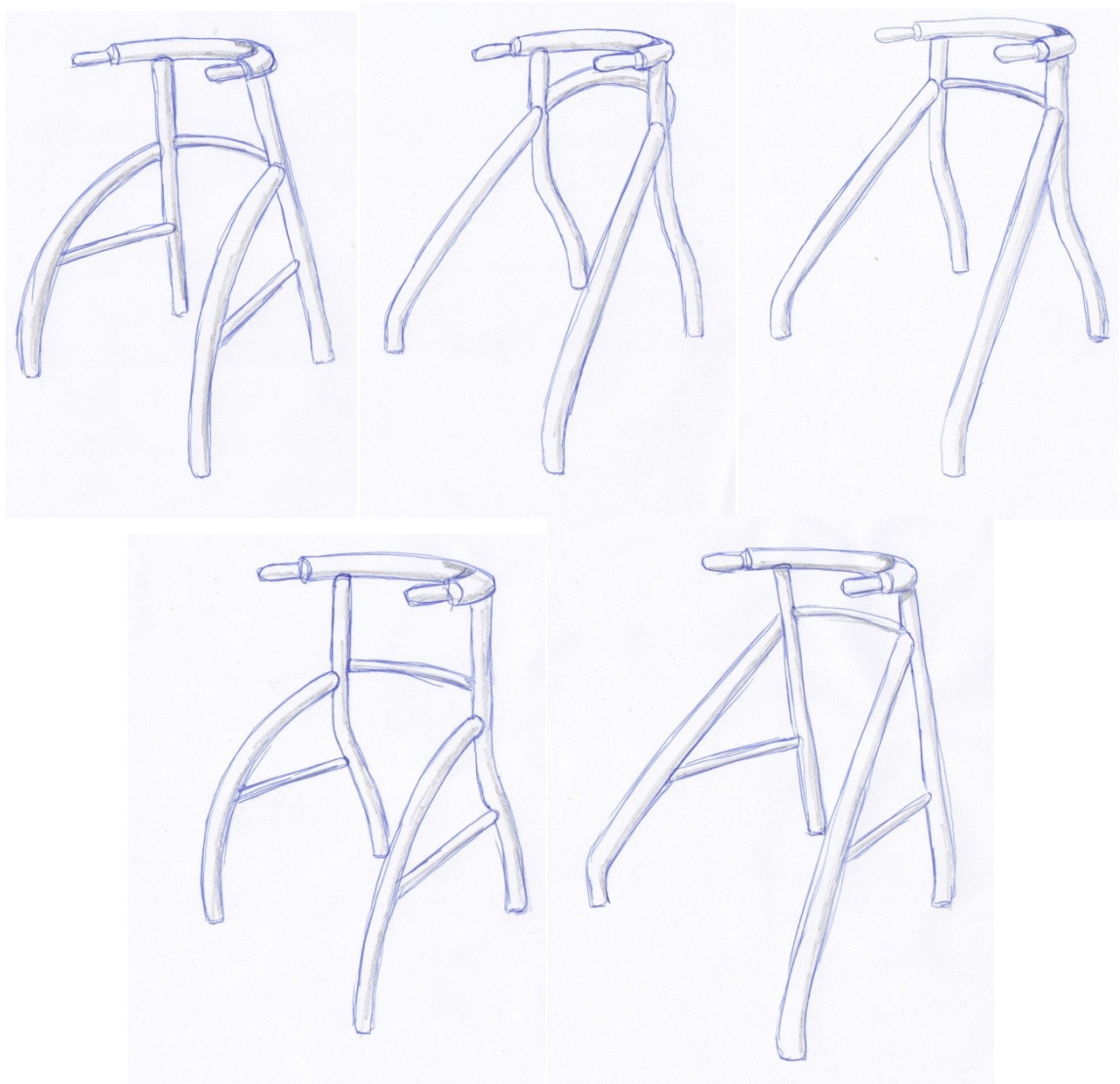
První skica samozřejmě není konečné řešení. Nakreslil jsem tedy další alternativy obr. 18-22, z nichž jsem podle svého uvážení vybral tu nejlepší. Při tvorbě skic jsem využíval program Blender 3D, ve kterém jsem zkoušel jednotlivé varianty modelovat. Řešil jsem v něm i možnost stohovatelnosti, obr. 17.



Obr. 16 Model v programu Blender 3D



Obr. 17 Stohování chodítek



Obr. 18, 19, 20, 21, 22 Skicované varianty tvaru chodítka

4.2.2 Výroba z kovu

Hlavní nosná konstrukce bude ohýbána z tenkostěnných kovových trubek, pravděpodobně ze slitiny hliníku. Vnější průměr 25 mm tloušťka stěny 1 mm. To zaručí její pevnost a zároveň bude natolik lehká, aby s ní mohli manipulovat i fyzicky slabší uživatelé.

Do konstrukce chodítka jsem zakomponoval výztuhy, které budou vyrobeny z tenčích trubek. Díky výztuhám bude konstrukce mnohem tužší a zabrání se jejímu „rozklížení“.

4.2.3 Rukojeti

Pro co nejpřirozenější a nejpohodlnější úchop jsou madla skloněná pod úhlem 10° dolů a 15° směrem od středu. U takto sklopeného úchopu je méně namáháno zápěstí při zvedání a posouvání. Dále jsem vytvořil několik variant zpracování celé horní části.

1) Hliníková rovinně ohnutá trubka s rovnými zúženými konci.

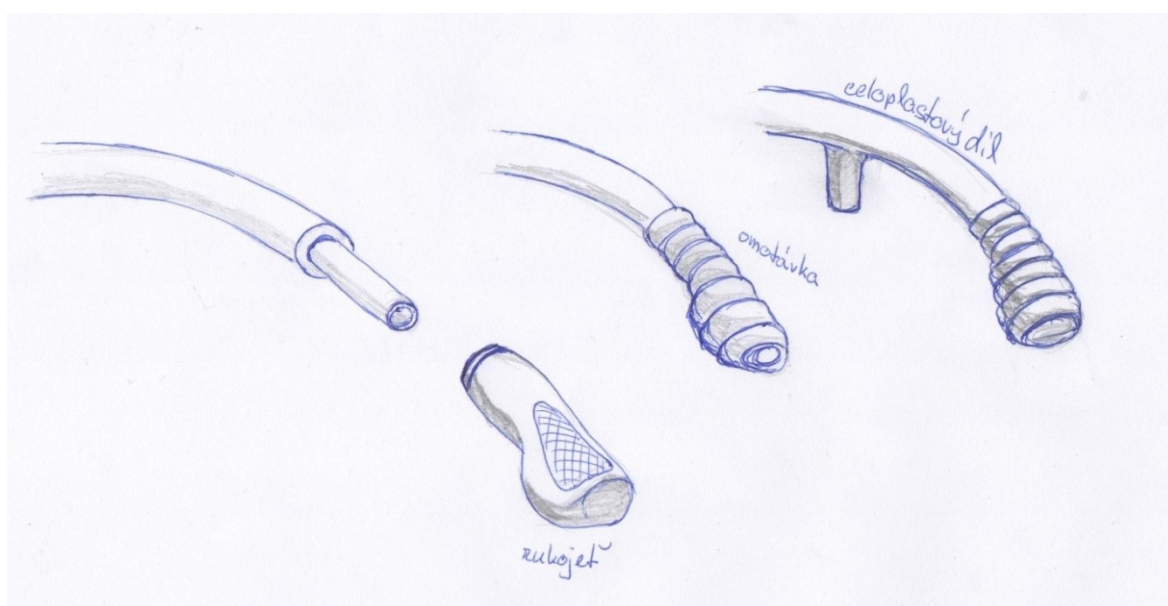
Konce budou mít průměr 22,2 mm a budou rovné, tak aby se na ně daly nasadit běžně dostupné rukojeti používané v cyklistice. Na trhu jsou dostupné různé rukojeti, od obyčejných pryžových s kulatým průřezem po ergonomicky tvarované kožené či měkké silikonové rukojeti.

2) Kovová rovinně ohnutá trubka s rovnými nezúženými konci.

Do otevřených konců se budou lisovat plastová madla. Zákazník si bude moci vybrat z různých tvarů nebo si madlo nechat vyrobit tak, aby mu vyhovovalo. Na plastovém madle bude nanесena protiskluzová pryžová vrstva nebo omotávka.

3) Celoplastový díl

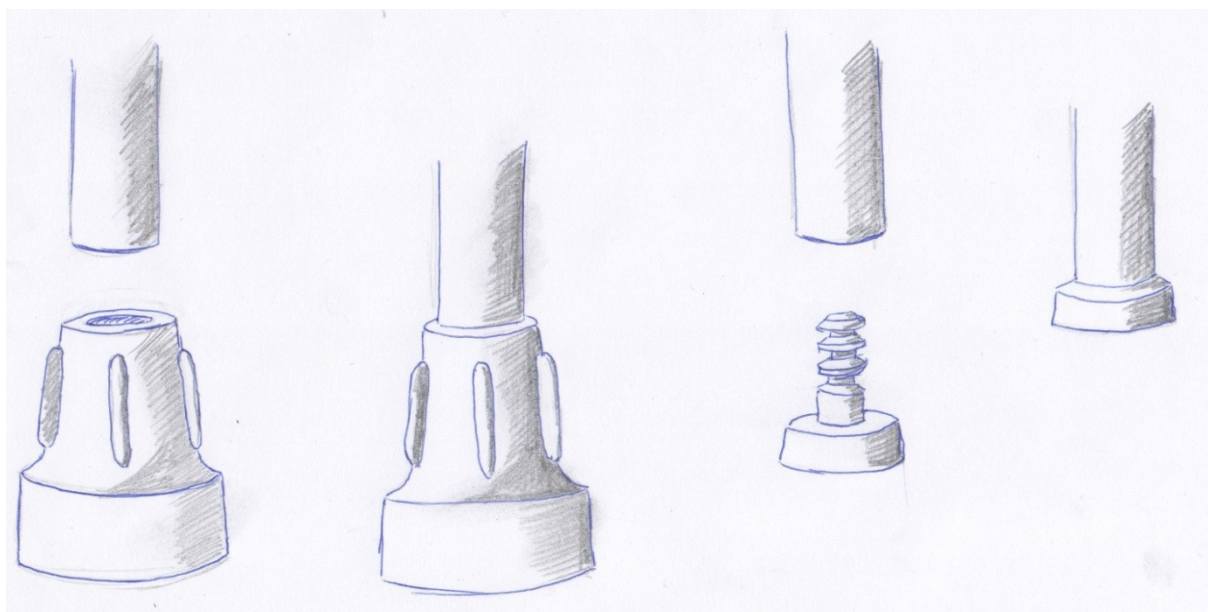
Další možností je výroba celé horní části z plastu namísto ohýbání kovové trubky. Ta by se lisovala do svislých noh.



Obr. 25 Skici rukojetí

4.2.4 Násadce

Běžně dostupná chodítka mají na konci noh pryžové násadce. Ty zabraňují klouzáni chodítka po podlaze, a zároveň tlumí nárazy při pokládání. Násadce jsou v různých typech k dostání v obchodech se zdravotnickými potřebami. Aby bylo možno použít na „mé“ chodítka běžné násadce, je vnější průměr trubek 25mm a konce jsou kolmé k zemi. Upřednostňoval bych ale násadce, které se lisují do trubky. Z nohy potom vyčnívá nenápadný kousek pryže, který ale plní stejnou funkci.



Obr. 26 Skici násadců

4.2.5 Spojení dílů

Při řešení svého návrhu jsem zvažoval různé možnosti spojování jednotlivých trubek, dílů konstrukce. Jednotlivé možnosti se liší v technologii výroby, v ceně a v rozebíratelnosti.

1) Svařování

Nejjednodušší možností spojení jednotlivých trubek je svařování. Místa spojení, především konce trubek se vybrousí tak, aby na sebe jednotlivé části dosedaly, a celá konstrukce se svaří. Konstrukce bude pevná a cena poměrně nízká, avšak nebude možnost ji rozebrat.

2) Pájení mosazí s použitím tvarovaných spojek

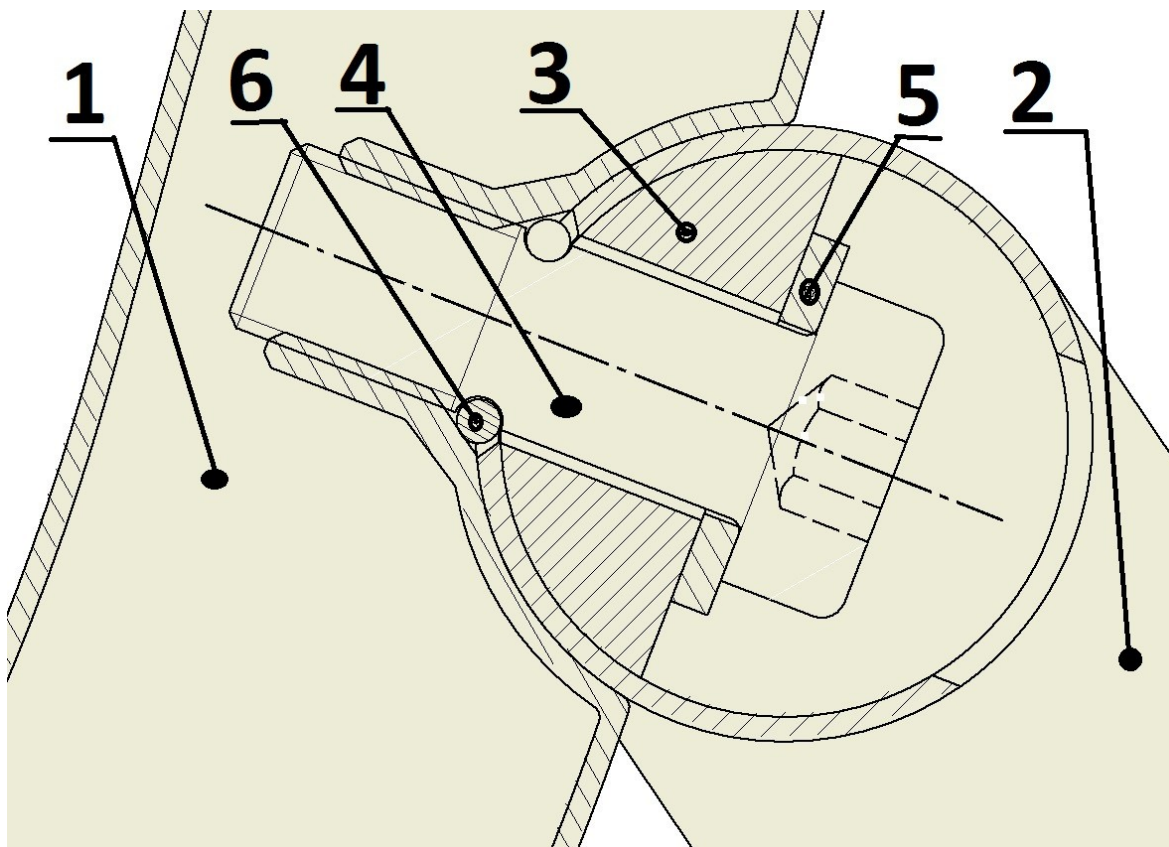
Tuto technologií byly vyráběny rámy kol Favorit, obr. 27. Je nákladnější než obyčejné svařování, protože je zapotřebí vyrobit tvarované spojky k jednotlivým spojům.



Obr. 27 Spojení trubek rámu kola Favorit

3) Šroubové spoje

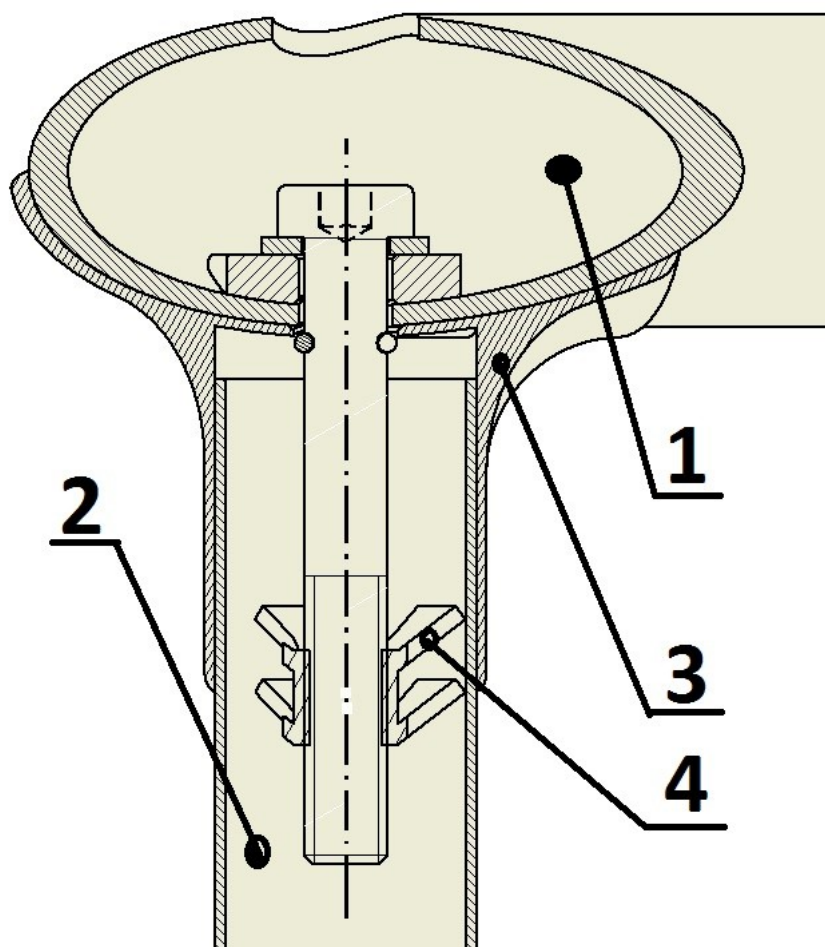
Šroubové spojení je zdaleka nejkomplicovanější, protože celá konstrukce je vyrobena z ohýbaných trubek. Nejsou na ní žádné plochy, na které by mohl bez problémů dosedat šroub nebo matice. Vytvoření takového šroubového spoje, který by nenarušoval vzhled a zároveň zabránil rozklížení konstrukce je technologicky a finančně náročnější než konstrukci jednoduše svařovat. Nespornou výhodou je však možnost rozebrání a následné skladování nebo přeprava.



Obr. 28 Znáznornění šroubového spoje zadního oblouku a přední nohy

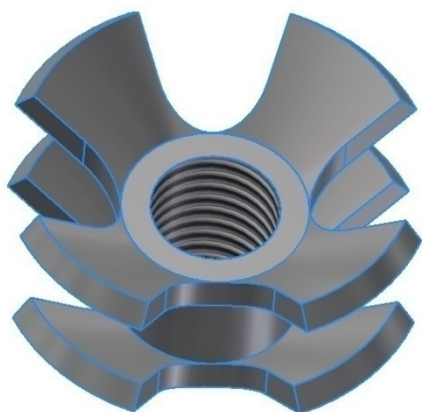
Na obrázku 28 je patrné znázornění šroubového spoje mezi přední nohou (pozice 1) a zadním obloukem (pozice 2). Pohled je v řezu rovnoběžném s půdorysem. Zadní oblouk je vytvářen tak, aby do něj přední noha dosedala. V tomto tvarování je vytvořen závit. Přední noha je provrtána a je v ní umístěna tvarová podložka (pozice 3), která tvoří dosedací plochu pro šroub (pozice 4) s klasickou podložkou (pozice 5). Obě podložky budou vkládány do přední nohy jejím otevřeným koncem. Nohou se potom prostrčí šroub a pojistí se proti vypadnutí pojistným kroužkem (pozice 6). Koncový zákazník díly jednoduše sešroubuje.

Je to sice složitější řešení, ale šroub nevystupuje z konstrukce a nekáží tak celkový vzhled. Montážní díra může být zakryta pryžovou záslepkou.



Obr. 29 Znárodnění šroubového spoje horního oblouku a přední nohy

Na obrázku 29 je znázorněn šroubový spoj mezi horním obloukem s madly (pozice 1) a přední nohou (pozice 2). Na přední noze je nalisován tvarovaný mezikus (obr. 31, pozice 3) s velkými dosedacími plochami pro oba díly. Do přední nohy je naklepnut ježek (obr. 30, pozice 4), do kterého se shora našroubuje šroub.



Obr. 30 ježek

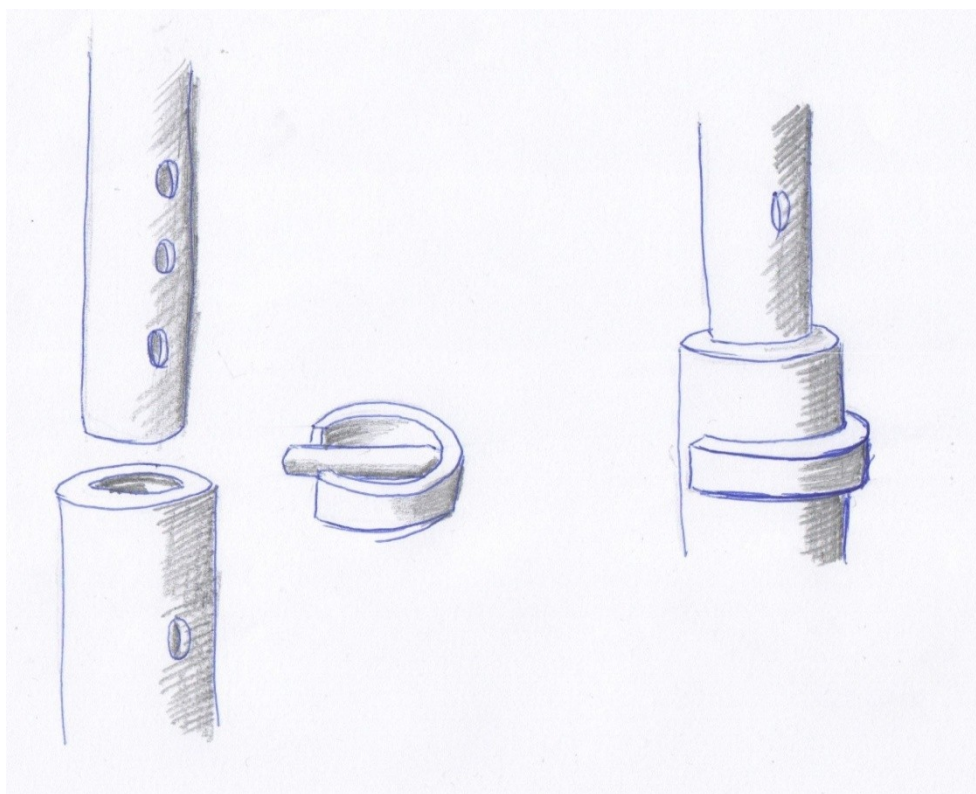


Obr. 31 Tvarový mezikus

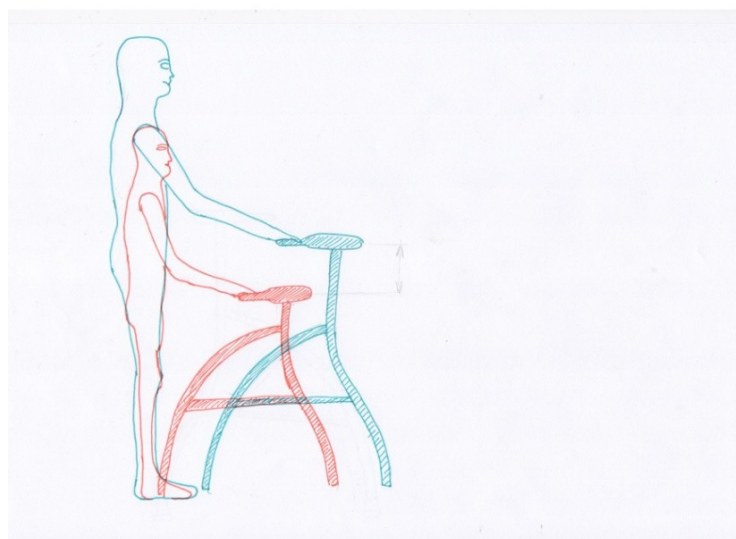
4.2.6 Nastavení výšky úchopu

Pro specifický tvar konstrukce nelze upravovat výšku madel v celém rozsahu

(75-95 cm). Přední nohy jsou sice přímé a rovnoběžné, ale pouze v horní části. Systém nastavení výšky, používaný například u francouzských berlí by mohl být použit v menším rozsahu. Chodítka by se prodávala v několika velikostech.



Obr. 32 Skica výškového stavění



Obr. 33 Skica - poměr chodítka k člověku

4.3 Výpočet

4.4 Výpočet svaru

Pro výpočet jsem zvolil svar mezi přední nohou a horním obloukem s madly. Pro výpočet jsem použil modul průřezu v ohybu pro mezikružší, ve skutečnosti je to ale elipsa na ploše elipsového prstence.

$$a = 5 \text{ mm}$$

$$F = 700 \text{ N}$$

$$l = 0,19 \text{ m}$$

$$d = 25 \text{ mm}$$

$$D = 35 \text{ mm}$$

$$\pi = 3,14$$

$$R_e = 150 \text{ MPa}$$

Slitina hliníku EN 6060, ČSN 42 4401

$$K_s = 2$$

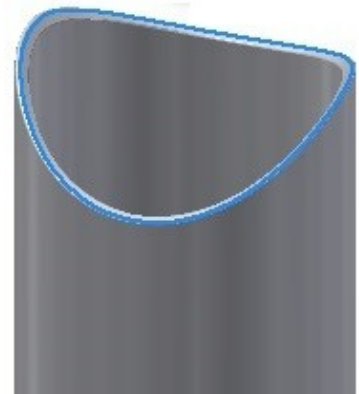
$$\tau_{DOV} \frac{R_e}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F * l}{\frac{\pi}{32} * \frac{D^4 - d^4}{D}} = \frac{700 * 190}{\frac{\pi}{32} * \frac{35^4 - 25^4}{35}} = 42,72 \text{ MPa}$$

$$\tau \leq \tau_{DOV}$$

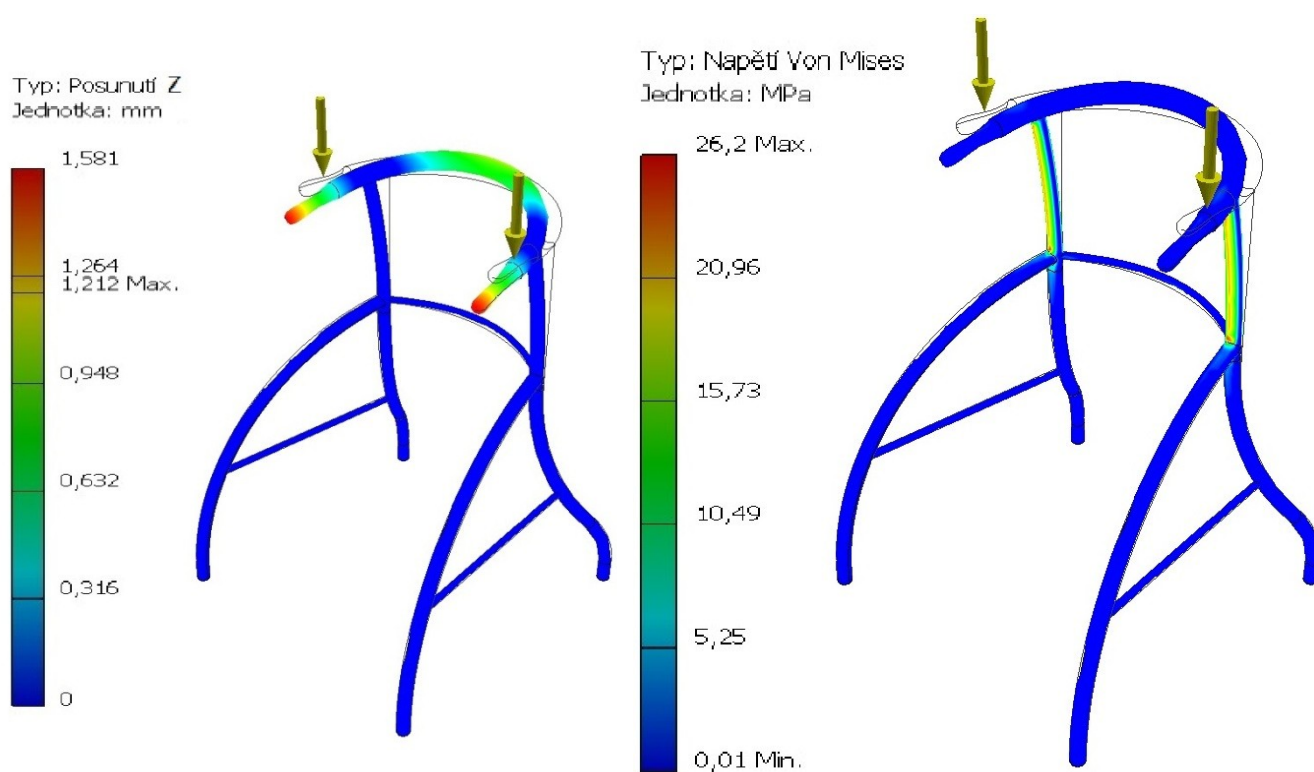
$$42,72 \leq 75$$

Dle výpočtů zvolený svar vyhovuje.



Obr. 34 Tvar styčné plochy

4.5 Pevnostní analýza

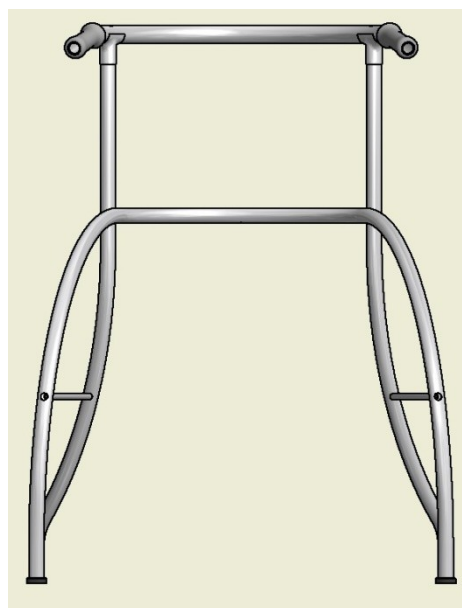
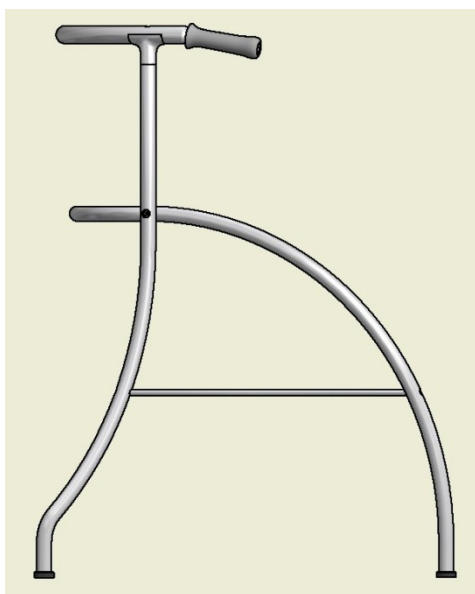


Obr. 35, 36 Pevnostní analýza v Inventoru

Podle pevnostní analýzy (MKP), provedené programem Autodesk Inventor, konstrukce chodítka vydrží bez problému zatížení 70 kg. Posunutí v ose Z je zhruba 1,6 mm (obr. 36). Myslím, že toto posunutí uživatel nezaznamená a nebude nabývat pocitu nejistoty, navíc při běžném používání nebude na chodítko vyvíjena tak velká síla. Maximální napětí je 26,2 MPa (obr. 36).

4.6 Inventor

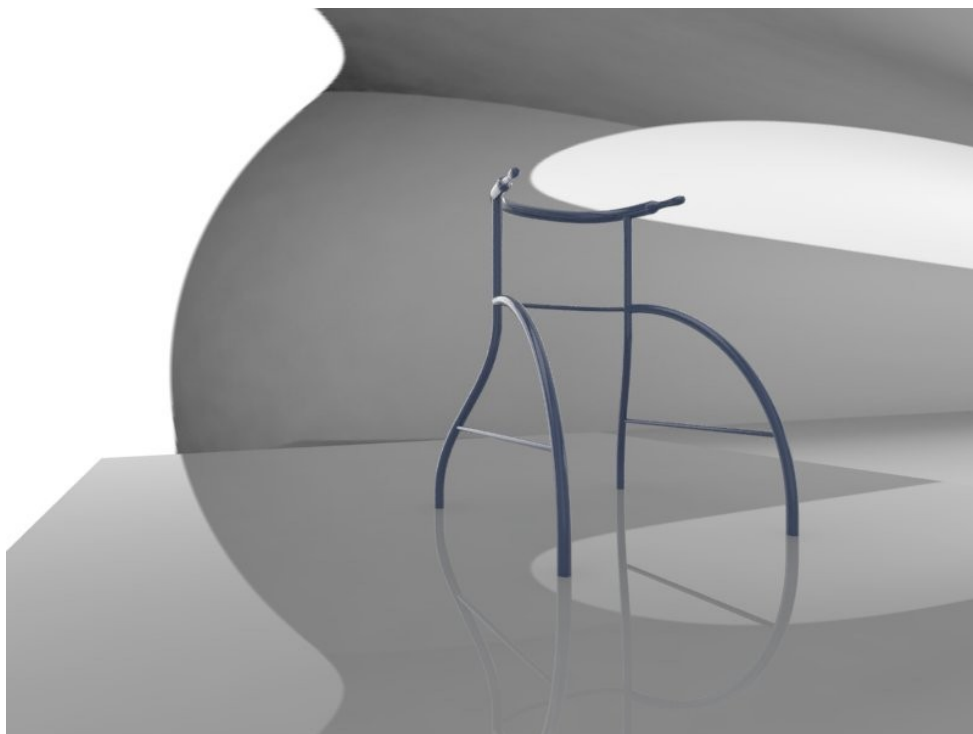
V programu Autodesk Inventor Professional 2015 jsem vymodeloval chodítko s reálnými rozměry. Výstupem je také výkresová dokumentace v příloze: Výkres sestavení FLE0016-01-A1, obsahuje nezbytné pohledy a řezy, včetně příslušných kót. Různé pohledy jsou patrné z obrázků 37 až 41. Ve stejném programu jsem také provedl pevnostní analýzu, pro kterou bylo nutno nejprve přiřadit fyzikální vlastnosti jednotlivým dílům (slitiny hliníku, pryž). Rovněž jsem zjistil hmotnost, která činí zhruba 1,5 kg.



Obr. 37, 38, 39, 40, 41 Pohledy - Inventor

4.7 Rhinoceros

Model chodítka jsem vypracoval také v programu Rhinoceros, jehož výstupem je vizualizace na obr. 42.



Obr. 42 Vizualizace v programu Rhinoceros

4.8 Fyzický model

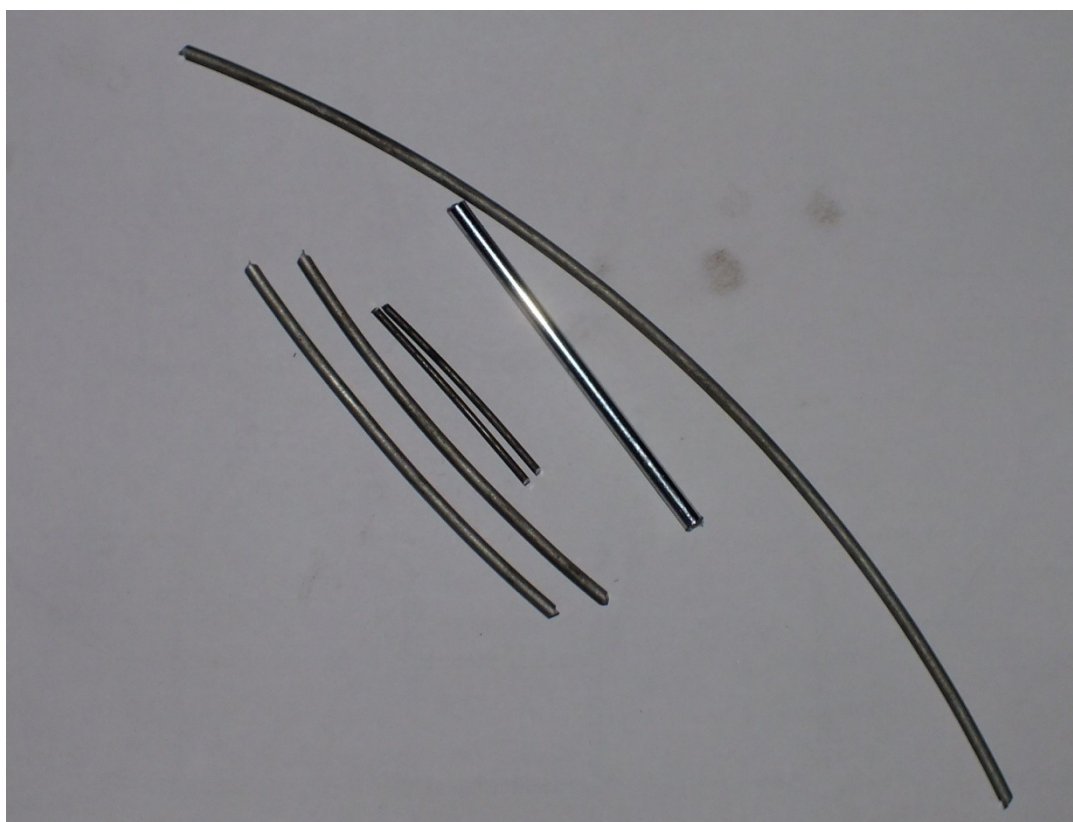
V rámci řešení bakalářské práce jsem měl za úkol vytvoření fyzického modelu chodítka.

4.8.1 Volba měřítka

Prvním krokem při tvorbě modelu je zvolení správného měřítka. S ohledem na snadný přepočet rozměrů bylo nejvhodnější zvolit měřítko modelu 1:10. Pomocí programu Autodesk Inventor jsem vytiskl jednotlivé pohledy na papír.

4.8.2 Materiál

Ideálním materiálem pro výrobu modelu se jevíly železné dráty různých průměrů. Průměry zhruba odpovídaly skutečným rozměrům zmenšeným ve zvoleném měřítku.



Obr. 43 Nastříhané dráty

4.8.3 Výroba

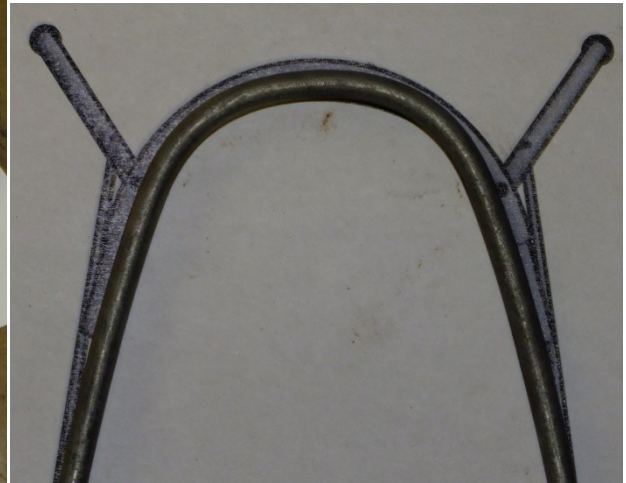
Na horní úchopovou část byl použit nejhrubší drát. Ten jsem nejdříve zkrátil na vhodnou délku a soustružil na obou koncích tak, aby imitoval skutečný tvar. Následně jsem jej ohýbal na kulatém profilu do požadovaného tvaru. Další části konstrukce byly nahrubo nastříhány podle vytištěných pohledů a ohýbány na kulatých profilech. Po ohýbání byla jejich délka ještě upravena. Místa spojů jsem brousil a vrtal, aby do sebe jednotlivé součásti co nejlépe dosedaly. Všechny dráty byly postupně slepeny epoxidovým lepidlem. Při lepení jsem používal různé jednoduché přípravky, které držely části modelu ve správných pozicích do doby, než lepidlo zcela ztuhlo.



Obr. 44 Soustružení madla



Obr. 45 Ohýbání na kulatém profilu



Obr. 46 Kontrola oblouku

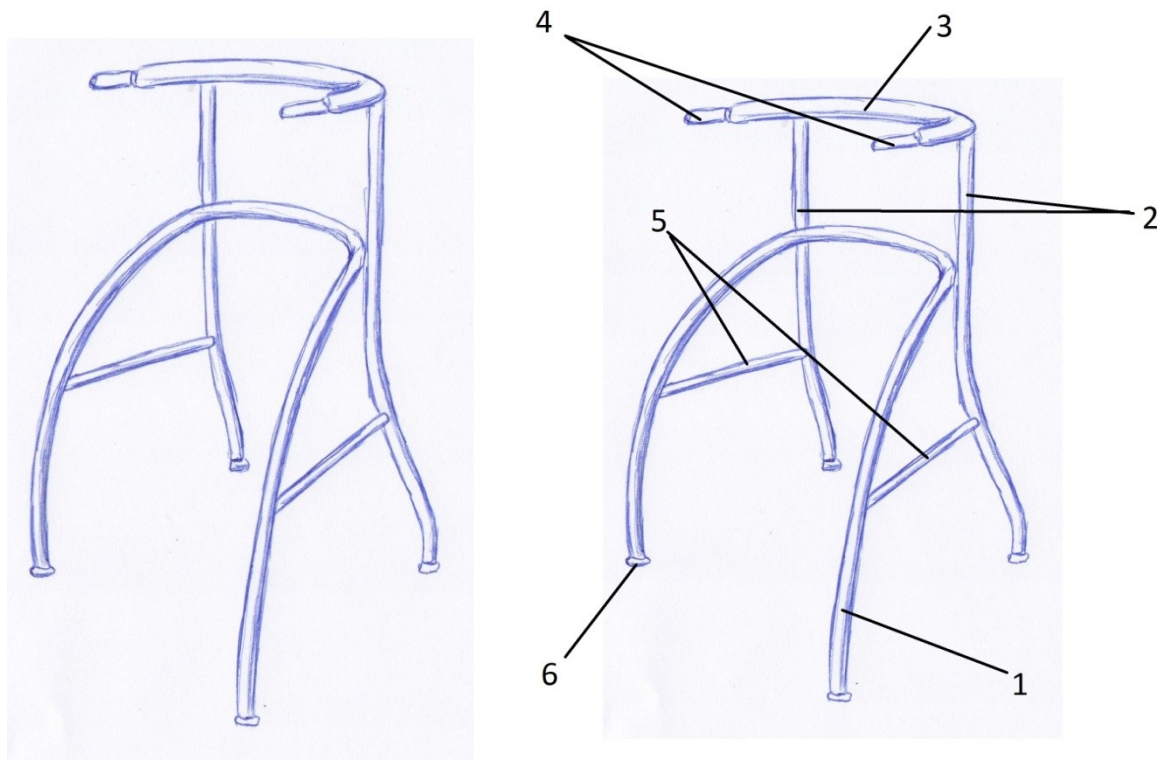


Obr. 47 Lepení

4.8.4 Povrchová úprava

Přebytečné lepidlo v okolí spojů jsem opatrně odbrousil kulatým pilníkem. Různé dráty měly různý povrch, úchopová část byla lesklá, vzpěry byly černé, zbytek konstrukce zašlý, matný. Nastříkal jsem tedy model černou barvou, pro celkové sjednocení vzhledu.

5 Detailní popis finálního provedení



Obr. 48 Skica výsledné varianty

Na obrázku 48 můžeme vidět výslednou verzi chodítka. Skládá se ze zadního oblouku (pozice 1). Ten je vyroben z duralové tenkostěnné trubky vnějšího průměru 25 mm s tloušťkou stěny 1 mm. Trubka je ohýbána ve více rovinách. Oba konce trubky jsou posledních 50 mm svislé (kolmé k zemi), aby bylo možno použít násadce. Svislé části i všechny tři oblouky jsou k sobě tečné, přechody jsou tedy plynulé.

Přední nohy (pozice 2) jsou vyrobeny také z tenkostěnné trubky s vnějším průměrem 25 mm s tloušťkou stěny 1 mm. Pravá i levá přední noha jsou totožné, namontované zrcadlově. Noha je ohýbána v jedné rovině. Spodní konec je také 50 mm kolmý k zemi. Horní konec je od propojení se zadním obloukem také svislý. Chodítka je vyráběno v různých velikostech podle požadavků zákazníka tím, že se zkracuje svislá část předních noh. Svislostí dosáhneme toho, že horní oblouk s madly (pozice 3) bude k předním nohám dosedat vždy ve stejném místě.

Horní oblouk (pozice 3) bude vyroben z duralové tenkostěnné trubky s vnějším průměrem 30 mm s tloušťkou stěny 2 mm. Trubka bude ohnuta v jedné rovině tak, aby byly osy madel v jejich počátku vzdáleny 500 mm. Konce trubky

budou zúženy na průměr 22,2 mm na délce 130 mm, a budou přímé pod úhlem 15° od osy chodítka do stran a 10° dolů. Přímé musí být proto, aby na ně bylo možné nasadit běžně dostupná madla (gripy).

Madla (pozice 4) jsou široce dostupné zboží. Vyrábí se v různých tvarech a z různých materiálů. Budou se nasazovat na konce horního oblouku.

Pozice 5 jsou vzpěry mezi zadním obloukem a předníma nohama. Zpevňují celou konstrukci. Budou vyráběny z duralových trubek s vnějším průměrem 10 mm a tloušťkou stěny 2mm.

Jednotlivé díly konstrukce (horní oblouk, zadní oblouk, obě přední nohy a obě vzpěry) budou upraveny tak, aby na sebe v místech spojení navazovaly. Nakonec budou svařeny dohromady.

Pokud bude vyráběna rozebíratelná varianta, musí se do jednotlivých dílů konstrukce navrtat díry pro šrouby. Do předních noh se naklepou ježci, kteří jsou běžně k prodeji. Dále se musí vyrobit přechodové části mezi předníma nohama a horním obloukem, které se nalisují na horní konce předních noh. Přes konce horního madla se vloží tvarové a klasické podložky. Dírou a oběma podložkami prostrčíme šroub s válcovou hranou s vnitřním šestihranem M8 a zajistíme pojistným kroužkem. Takto připravené kusy budou moci zákazníci snadno smontovat.

Na zadním oblouku se vyrobí tvarovaný přechod tak, aby doléhal na přední nohy. V něm bude nalisovaná závitová vložka. Do přední nohy se vloží tvarová a klasická podložka. Stejně jako v předchozím případě dírou a oběma podložkami prostrčíme šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M8a zajistíme pojistným kroužkem.

Vzpěry budou mít vnitřní průměr 6mm. Vyřeže se do nich závit M8. Konce vzpěr se zabrousí, aby doléhaly na trubky předních noh a zadního oblouku, do kterých se vloží tvarové podložky a vše se sešroubuje.

Do konců předních noh a zadního oblouku budou nalisovány protiskluzové pryžové koncovky. Výše popsaná rozebíratelná verze byla zmíněna v kapitole 4.2.5 Spojení dílů s příslušnými obrázky 28 až 31.

6 Závěr

Cíle, které jsem si zpočátku vytyčil, byly splněny. Chodítko má osobitý vzhled, vydrží běžné každodenní používání a splňuje ergonomické požadavky. Model vytvořený v Inventoru, u kterého byly nastaveny fyzikální vlastnosti jednotlivých materiálů, nevážil ani 1,5 kg (bez madel).

V úvodu, v první části rešerše je rozdělení pacientů podle jejich nároků na chodítka. V druhé části jsou vypsány různé typy, které nabízí trh.

Další část bakalářské práce se zabývá požadavky na provedení. Ty maximalizují užitnou hodnotu. V ergonomické studii řeším pohodlný úchop, a optimalizuji rozměry celého chodítka pro pohodlný pohyb v interiéru.

Prvním návrhem bylo chodítko s koly, které se svým tvarem nijak neodlišovalo od jiných běžně dostupných na trhu. Druhou variantou bylo chodítko bez kol, pevné. Jeho první skica zaujala, a bylo mi doporučeno dále se ubírat tímto směrem. Nakreslil jsem různé skici a tvořil 3D modely v počítačových softwarech. Po vybrání nejlepšího tvarového řešení jsem dále řešil materiál, z něhož bude chodítko vyráběno. Vymyslel jsem několik variant řešení úchopu a násadců. Tyto prvky je možno obměňovat při opotřebením, nebo jednoduše koupit jiné, lépe vyhovující. Zabýval jsem se způsobem spojení konstrukce chodítka. Při použití šroubových spojů by cena chodítka vzrostla, výhodou by ale byla možnost rozebrání. U svařované konstrukce je zaručena vysoká pevnost, ale chodítko by postrádalo možnost rozložení, ovšem bylo by cenově přijatelné, což bylo také jedním z cílů práce.

Výslednou variantu jsem vymodeloval v programu Autodesk Inventor, ve kterém byla provedena také pevnostní analýza a v programu Rhinoceros. V obou těchto programech byly modely vytvořeny v reálných rozměrech.

V průběhu vypracování bakalářské práce jsem vyráběl fyzické modely. Těch jsem vyrobil několik a pomohly mi při vybírání finální verze. Průběh výroby jsem popsal a zdokumentoval fotografiemi.

Významným výstupem řešené bakalářské práce je podaná žádost na Úřad průmyslového vlastnictví o registraci průmyslového vzoru o názvu „Chodítko.“

7 Seznam použité literatury

- [1] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.
- [2] Král, M.: *Ergonomie a její technické využití v praxi II. Alexandr Vávra- VAVA Ostrava, 1998. ISBN 80-86168-04-2*

Použité internetové odkazy

- [3] <http://www.ortoservis.cz/pages/choditka/choditka.php>
- [4] <http://www.ehlinik.cz/prilohy/zakladni-technicke-informace.pdf>

Použité grafické programy

- [5] Rhinoceros 5.1, renderovací modul V-RAY
- [6] Blender 3D
- [7] Autodesk Inventor Professional 2015

8 Seznam příloh

- [8] Výkres sestavení FLE0016-01-A1
- [9] Výrobní výkres FLE016-01-01 -A4
- [10] CD s PDF bakalářské práce