

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 9: Strojírenství, hutnictví, doprava a průmyslový design

Lamelový běžecký pás

**Jakub Simon
Kraj Vysočina**

Žďár nad Sázavou 2019

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 9: Strojírenství, hutnictví, doprava a průmyslový design

Lamelový běžecký pás

Leg – powered slat treadmill

Autoři: Jakub Simon

Škola: Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola Žďár nad Sázavou, Studentská 1, 591 01, Žďár nad Sázavou

Kraj: Kraj Vysočina

Konzultant: Ing. Pavel Hájek

Žďár nad Sázavou 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

Ve Žďáru nad Sázavou dne 03.03.2019

Jakub Simon

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce panu Ing. Pavlu Hájkovi za veškerou pomoc v průběhu práce a užitečné rady a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Jaromíru Tulisovi, Ing. Petru Fořtovi a dalším členům učitelského sboru, kteří mi vždy ochotně poradili. Taktéž děkuji i všem ostatním, kteří mi jakkoliv pomohli s mojí prací.

Anotace

Tato práce se zabývá návrhem konstrukce lamelového běžeckého pásu bez elektroniky. Zhotovil jsem virtuální model jednotlivých součástí i pásu jako celku. Dále jsem vypracoval výkresovou dokumentaci, kontrolní mechanické výpočty, CNC program výroby lamely a vypočítal cenu polotovarů a normalizovaných součástí potřebných pro výrobu pásu. Poté jsem napsal přehled nejdůležitějších informací o páse a jeho součástech. Také sepsal pár informací o běžeckých pásích a jejich historii. A na závěr jsem celý pás s pomocí pana učitele Hájka vytiskl na 3D tiskárně. Mým cílem bylo zhotovit pás tak aby byl bezpečný, robustní a levnější než komerčně prodávané pásy.

Klíčová slova

Běžecký pás; lamela; jednoduchost; bez elektroniky; robustnost

Annotation

This project is about designing slat treadmill without using electronics. I designed virtual model of each component and even of a whole treadmill. Then, I completed technical drawing documentation, mechanical control calculations, CNC production program of slat and calculated price of all the semi-finished products and standardized parts needed for making a treadmill. Then I wrote an overview of the most important informations about my treadmill and its components. And I also wrote a couple of informations about treadmills and their history. At last with help of teacher Hájek I printed whole treadmill on 3D printer. My goal was to design treadmill so it would be safe, robust and cheaper than public sold models.

Keywords

Treadmill; slat; simplicity; non-electrical; without electronics; robustness

Obsah:

1	Úvod	6
2	Hlavní části projektu.....	6
2.1	Teoretický rozbor	6
2.1.1	Základní rozdělení běžeckých pásů.....	6
2.1.2	Využití běžeckých pásů v praxi.....	7
2.1.3	Historie	8
2.1.4	Zajímavosti	8
2.1.5	Výhody mého běžeckého pásu	10
2.2	Konstrukce virtuálního modelu	10
2.3	Výkresová dokumentace.....	12
2.4	Mechanické výpočty	12
2.4.1	Kontrola klopného momentu	13
2.4.2	Kontrola nosnosti madel.....	13
2.5	CNC program výroby lamely.....	14
2.6	Rozložení polotovarů na PVC-U desce.....	18
2.7	Animace rozpadu.....	19
2.8	Celkový přehled informací o pásu	20
2.9	Ekonomické zhodnocení konstrukce	22
2.10	3D tisk modelu	23
3	Závěr	24
4	Použitá literatura.....	25
5	Seznam obrázků a tabulek.....	25

1 ÚVOD

Běžecké pásy slouží k tomu, aby mohli jeho uživatelé v pohodlí domova a bez nutnosti většího prostoru zlepšovat svoji kondici a svůj zdravotní stav běháním či chůzí v podstatě na místě.

Ve svém volném čase rád běhám a občas zajdu i do posilovny nebo fit centra, a proto mě napadlo pojmout jako téma mého projektu do SOČ Lamelový běžecký pás. Lamelovému pásu jsem dal před tradičním a mnohem rozšířenějším pásovým přednost díky řadě jeho výhod, které zmíním později.

Prvně jsem si zvolil obecné téma, dalším krokem bylo rozhodnout se, v čem bude můj pás jiný, lepší než ty, které se běžně prodávají a vydělávají firmám, které je prodávají, milióny. A tak jsem si určil cíle a kritéria, která jsem chtěl splnit a splnil. Takže můj cíl zněl ve finále takto „Chci navrhnout bezpečný, jednoduchý, robustní lamelový běžecký pás, jehož výroba by stála méně jak pořizovací cena komerčních modelů.“ Osobně si myslím, že jsem své zadání splnil, ale posuďte sami.

2 HLAVNÍ ČÁSTI PROJEKTU

Projekt jsem rozdělil do devíti hlavních částí, podle postupu práce.

2.1 Teoretický rozbor

V této části jsem se věnoval běžeckým pásům obecně. A to hlavně jejich rozdělení, využití v praxi, historii vzniku běžecých pásů a zajímavostem ze světa běžecých pásů.

2.1.1 Základní rozdělení běžecých pásů

Zde jsem se věnoval několika stylům rozdělení běžecých pásů, můžete si všimnout, jak široká je škála běžecých pásů, protože se dají následující provedení kombinovat a může tak vzniknout velký počet různých pásů a každý bude něčím specifický a jiný oproti ostatním. Pro větší specifikaci mého pásu jsem tučně zvýraznil do jakých kategorií můj pás patří.

- Dle pohonu
 - S motorem
 - **Bez motoru**
- Dle tvaru běžecké plochy (desky)
 - S rovnou plochou
 - **S prohnutou (zaoblenou) plochou**
- Dle ceny
 - **Do 50 000 Kč**
 - Nad 50 000 Kč
- Dle provedení běžecké plochy
 - Pásové

- **Lamelové**
- Dle šířky běžecké plochy
 - Do 35 cm šířky jsou běžecké pásy pro běh nebezpečné, a proto jsou určeny spíše pro chůzi.
 - 35 až 45 cm šířky jsou určeny pro běžné běhání doma, jsou tudíž bezpečné do rychlosti kolem 9 km/h.
 - **Nad 45 cm**, což je varianta, kterou jsem si zvolil pro můj návrh pásu, protože jak už jsem poznamenal v úvodu, mým cílem bylo navrhnout co nejbezpečnější pás, na kterém lze dosáhnout i té nejvyšší možné běžecké rychlosti při které bude mít běžec pocit bezpečí.

2.1.2 Využití běžeckých pásů v praxi

- Rekreační (domácí využití)

Doma nebo v posilovně či fit centru se běžecké pásy využívají asi nejvíce, je to z toho důvodu, že někteří lidé preferují domácí pohodlí a možnost kdykoliv přestat s během a uvelebit se místo toho na gauči u televize. A taky málokomu se chce za chladných zimních dnů vyběhnout ven. Navíc běžecké pásy zlepšují tělesnou kondici člověka a mají i řadu dalších zdravotně prospěšných výhod. Například oproti běhu po tvrdém terénu například po silnici tolik nenamáhají klouby ani chodidlo, takže jsou i šetrnější pro jedince, co mají problémy s klouby.

- Zdravotnictví

Běžecké pásy se dají využívat ve zdravotnictví, tak že u uživatelů běžících na páse se měří různé životní funkce jako jsou například tep a dechová frekvence. Anebo se využívají ke zjišťování stresové zátěže pacienta při chůzi a běhu.

- Testování protéz

Dále se běžecké pásy rovněž používají pro testování funkčnosti protéz u pacientů, kteří přišli o dolní končetiny a ty jim byly nahrazeny umělými. Za pomoci měření a pořízených snímků se dá vyladit funkce protézy, aby fungovala co nejlépe a umožňovala uživateli co nejpřesnější a nejspolehlivější náhradu původní končetiny.

- Vrcholový sport

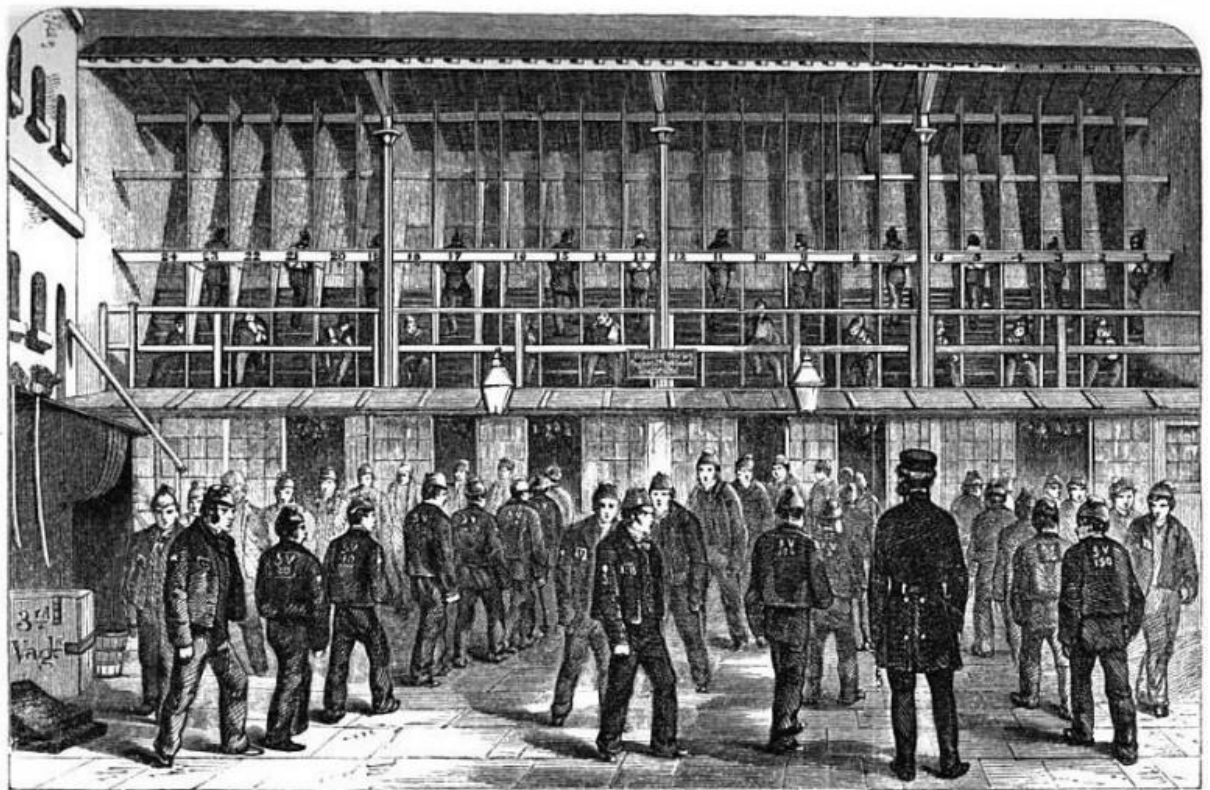
Také jsou hojně využívány ve vrcholovém sportu, kdy se na nich testuje, zdali má sportovec při běhu správnou techniku (vypnutý hrudník, není nahrbený dopředu apod.), jaký má došlap (tvrdý nebo měkký), jestli zatěžuje více vnější části chodidel nebo vnitřní klenbu a podle toho lze upravit buď vložky do běžeckých bot nebo i samotné boty.

- Obuvnictví a výroba vložek

Podle došlapu se však dají boty a vložky vyrábět sériově i pro širokou veřejnost, která neprovozuje vrcholový sport.

2.1.3 Historie

Historické zdroje tvrdí, že z počátku byli předchůdci běžeckých pásů, tzv. běžecká kola využívána jako mučicí nástroje, a to hlavně v 19. století. Kdy byla také v roce 1817 vynalezena, a to Sirem Williamem Cubitem, anglickým stavebním inženýrem, jenž chtěl vymyslet stroj, který by tehdejším vězňům či trestancům přinesl trest blízky smrti, ale aby mučení lidé přežili. Avšak to, že se tento vynález (i když hodně upravený a zmodernizovaný) v dnešní době hojně používá, naznačuje, že svého účelu stroj Sira Cubitta nedosáhl.



PRISONERS WORKING AT THE TREAD-WHEEL, AND OTHERS EXERCISING, IN THE 3RD YARD OF THE VAGRANTS' PRISON, COLDBATH FIELDS.

(From a Photograph by Herbert Watkins, 179, Regent Street.)

Obr. 1: Historie běžeckých pásů

2.1.4 Zajímavosti

Nejlevnější pás, který jsem našel, je ONE B 4228 od firmy HMS, je to malý, lehký, bezmotorový pás, s běžeckou plochou širokou pouze 32,5 mm a stojí 5 239 Kč. Tento pás je na obrázku č. 2.

Naopak nejdražší komerčně prodávaný běžecký pás, je T7xi od amerického výrobce Matrix. Je to špičkový pás, se silným motorem a počítačem s mnoha funkcemi. Jeho cena je 543 290 Kč. Je na obrázku číslo 3, vedle předchozího pásu jako porovnání nejlevnějšího a nejdražšího běžeckého pásu na trhu.



Obr. 2: Nejlevnější pás HMS ONE B 4228



Obr. 3: Nejdražší pás Matrix T7xi

Dalším zajímavým pásem je TECHNOGYM SKILLMILL™ CONNECT, což je jeden z mála lamelových běžeckých pásů prodávaných na českém trhu, jeho cena se pohybuje kolem 251 000 Kč. Je to multifunkční pás se speciálními madly, na kterých lze trénovat různé typy běhu a zlepšovat tak buď svoji rychlost, mrštnost, sílu nebo vytrvalost. Jeho netradiční madla můžete obdivovat na obrázku č. 4.

A posledním zmíněným pásem bude rarita mezi raritami, dřevěný lamelový běžecký pás od francouzské firmy sprintbok byl a nejspíš pořád je originální fenomén, je bezmotorový, lehký, přenosný a hlavně téměř celý ze dřeva, firma nabízí různá provedení tohoto pásu, a to například ze dřeva z dubu, třešně, vlašského ořechu a pár dalších. Pás se v česku neprodává a v zahraničí stojí od 5 895 do 6 695 euro (cena se odvíjí právě od materiálu), což je v přepočtu od 151 236 Kč do 171 760 Kč. Tento netradiční skvost je na obrázku č. 5.



Obr. 4: Multifunkční lamelový běžecký pás TECHNOGYM SKILLMILL™ CONNECT



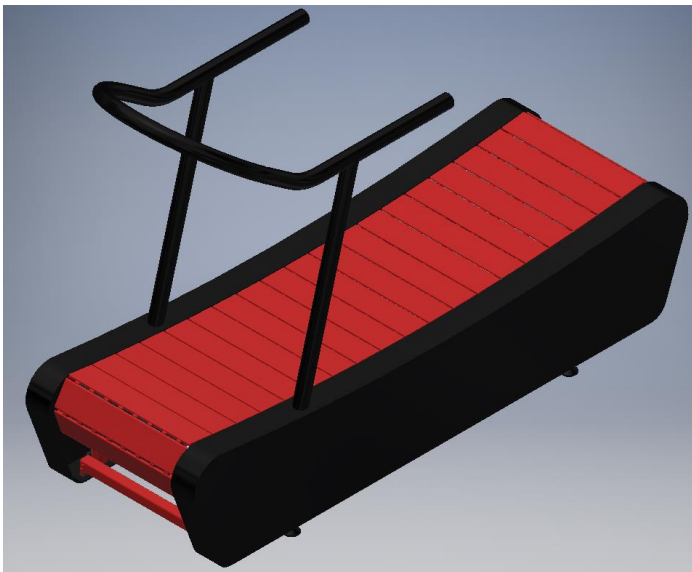
Obr. 5: Dřevěný běžecký pás Sprintbok

2.1.5 Výhody mého běžeckého pásu

Výhod tohoto druhu pásů je hned několik. Zaprvé díky tomu, že můj pás nemá motor, tak má nulovou spotřebu elektrické energie, a tudíž bezplatný provoz. Další výhodou je volná regulovatelnost rychlosti běhu (téměř okamžitá), z čehož plyne i rychlé a bezpečné zastavení pohybu pásu tím že uživatel jednoduše přestane běžet. Bez nutnosti pojistek pro nouzové zastavení. Dále je zde možnost jednoduché výměny nefunkční nebo poničené lamely. A tento pás je obecně jednodušší oproti běžným, motorovým pásům.

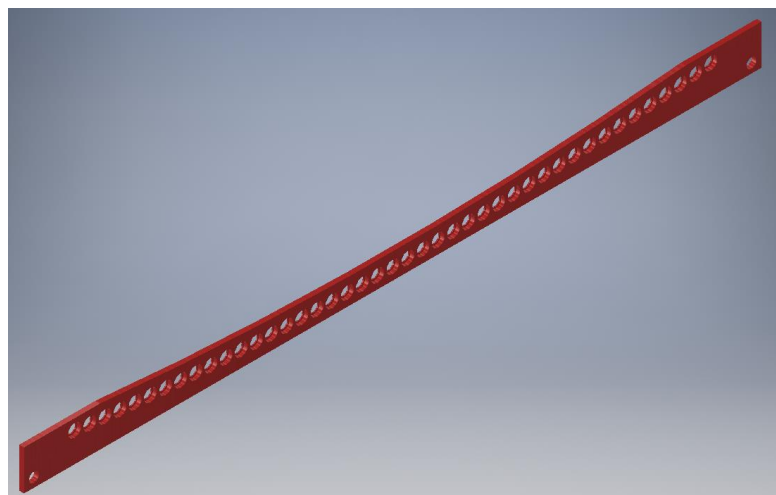
2.2 Konstrukce virtuálního modelu

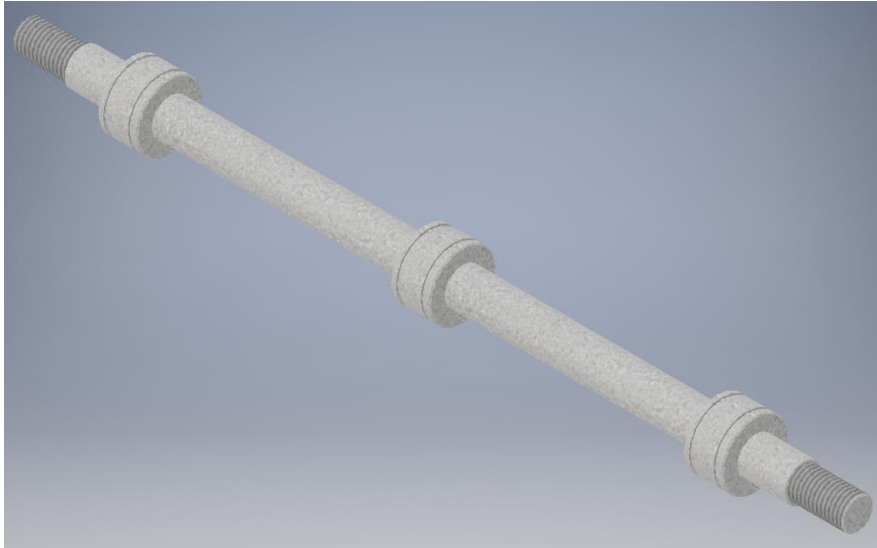
V této části jsem se věnoval vytváření virtuálního modelu pásu složeného ze součástí, a to normalizovaných i nenormalizovaných. Tato tvorba mi zabrala asi nejvíce času, protože mě napadalo hned několik verzí pásu a musel jsem se rozhodnout, která z nich nejvíce splňuje moje požadavky. A taky jsem z hlediska funkčnosti a praktičnosti párkrát pás předělával, až jsem nakonec vytvořil finální verzi, kterou vidíte na obrázku č. 4. Na ukázkou jsem vložil i obrázky několika hlavních součástí, které jsou na obrázcích č. 5; 6; 7; 8 a 9. Zbylé součásti uvidíte v animaci rozpadu hlavní sestavy. Všechny modely jsem dělal v aplikaci Autodesk Inventor.



Obr. 6: Hlavní sestava

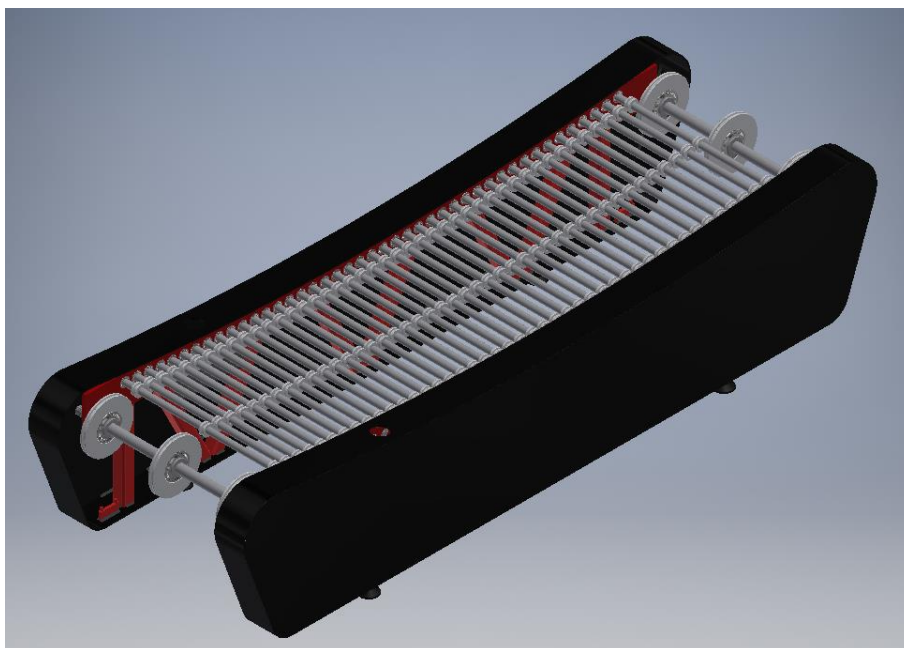
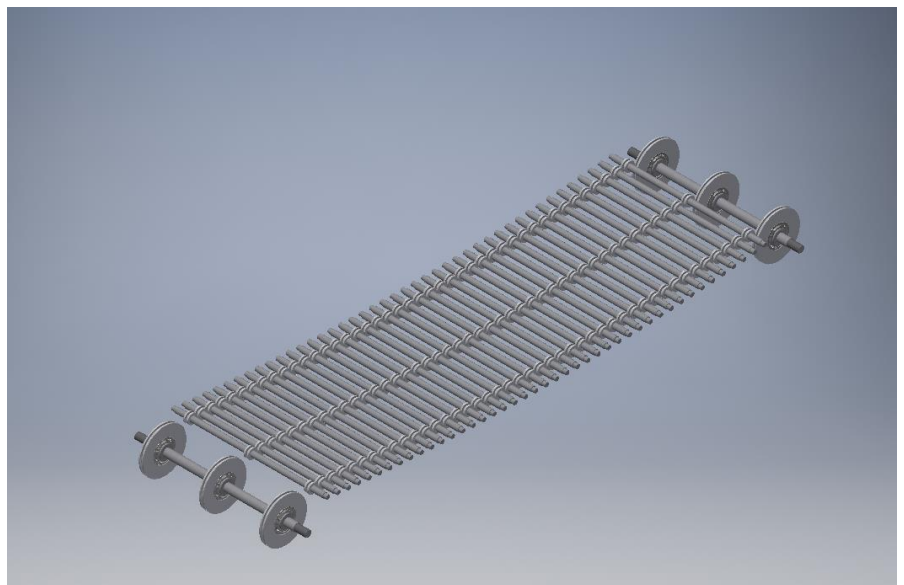
Obr. 7: Pásovina na tyče



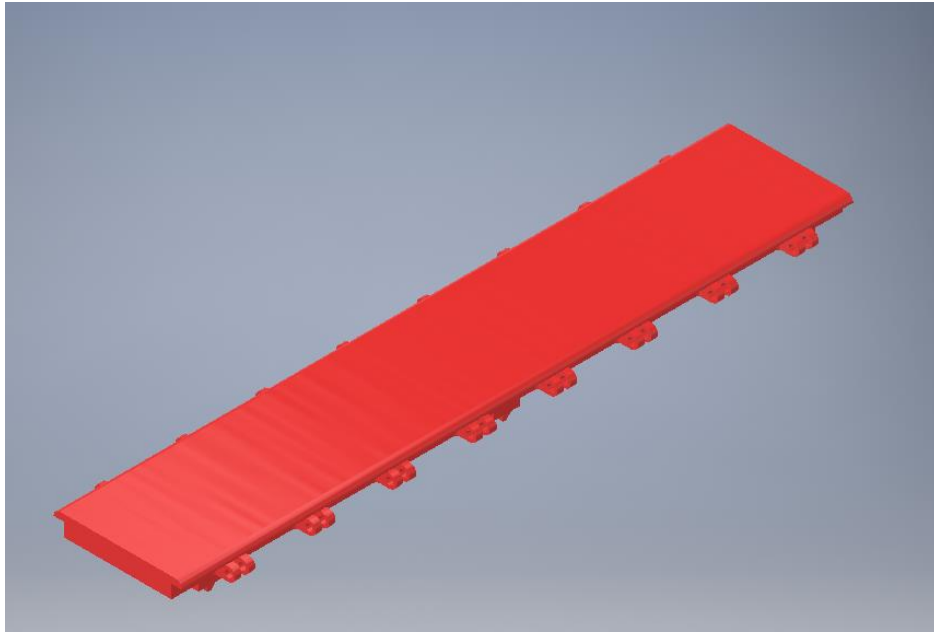


Obr. 8: Tyč na velké řemenice

Obr. 9: Podsestava
řemenic s tyčemi



Obr. 10: Podsestava rámu
s řemenicemi a tyčemi



Obr. 11: Lamela

2.3 Výkresová dokumentace

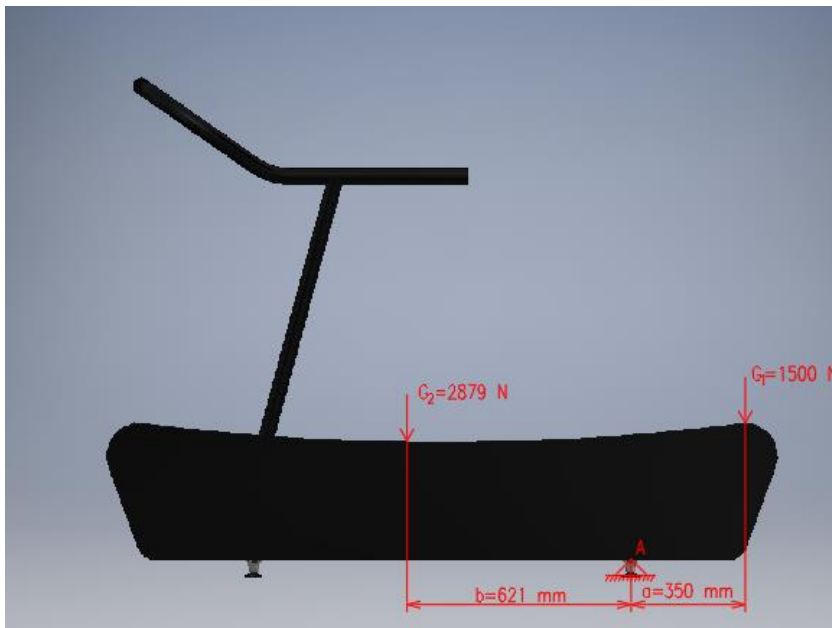
V této části jsem tvořil výkresovou dokumentaci celého projektu opět v Inventoru. Celkem jsem vytvořil 19 výkresů součástí. Vyhotovil jsem výkres pro každou součást, na výkresech jsem zakótoval všechny rozměry nutné pro zhotovení každé ze součástí, dále jsem určil drsnosti povrchů, materiály součástí, tolerance rozměrů a sepsal hmotnosti jednotlivých součástí. Všechny tyto výkresy najdete v příložených listech (příloha 1).

2.4 Mechanické výpočty

V této části jsem se věnoval výpočtům z hlediska bezpečnosti pásu, počítal jsem nejprve klopný moment pásu a poté kontroloval nosnost madel. Určil jsem si, že pás bude navržen pro uživatele do 150 kg. Prvně jsem si udělal schéma (obrázek č. 12), do kterého jsem zakreslil působící síly a vzdálenosti od podpěry (nohy) pásu. Poté jsem dle již zmíněného schéma postupně spočítal z hmotnosti pásu a gravitačního zrychlení a ramena, na kterém síla působí, spočítal moment stability pásu. Poté ho porovnal s obdobně spočítaným maximálním klopným momentem. Působíště síly jsem si zvolil v nejnepříznivějším místě pásu, na které se může uživatel postavit. Na závěr jsem vypočítal koeficient bezpečnosti.

Při kontrole nosnosti madel jsem spočítal, jaké ohybové napětí bude na madla působit a porovnal ho s dovoleným napětím materiálu madel. Vyšlo mi, že obě madla by unesla váhu, na kterou je stroj dimenzován (150 kg). Pomocné schéma ke kontrole madel a rozložení sil jsou na obrázcích č. 13 a 14.

2.4.1 Kontrola klopného momentu



Obr. 12: Schéma klopného momentu

$$G_2 = m_1 \cdot g = 287,9 \cdot 10$$

$$G_2 = 2\,879\text{ N}$$

- Maximální klopný moment pásu:

V bodě A: $\sum M_A = 0$:

$$G_1 = 1500\text{ N} \quad \text{Dle výkresu: } a = 350\text{ mm}$$

$$M_{kmax} = G_1 \cdot a = 1500 \cdot 350$$

$$M_{kmax} = 525\,000\text{ Nmm}$$

- Moment stability pásu:

$$G_2 = 2879\text{ N} \quad \text{Dle polohy těžiště: } b = 621\text{ mm}$$

$$M_s = G_2 \cdot b = 2879 \cdot 621$$

$$M_s = 1\,787\,859\text{ Nmm}$$

$$M_s > M_{kmax} \quad 1\,787\,859\text{ Nmm} > 525\,000\text{ Nmm}$$

$$k = \frac{M_s}{M_{kmax}} = \frac{1\,787\,859}{525\,000} \quad k \doteq 3,4$$

Kontrola vyhovuje, protože maximální klopný moment je menší než moment stability a bezpečnostní koeficient vyšel 3,4.

2.4.2 Kontrola nosnosti madel

- Sloupek madel a samotná madla se budou kontrolovat na ohyb a nosnost 75 kg. Protože, předpokládám, že se běžec v případě nouze opře oběma rukama o oba sloupky naráz, počítám s polovinou nosnosti na každý sloupek.

- Pro zabránění překlopení pásu jsem zvolil kontrolu v nejnejpříznivějším bodě, kterým je okraj pásu, na který bude působit maximální nosnost stroje (150 kg).

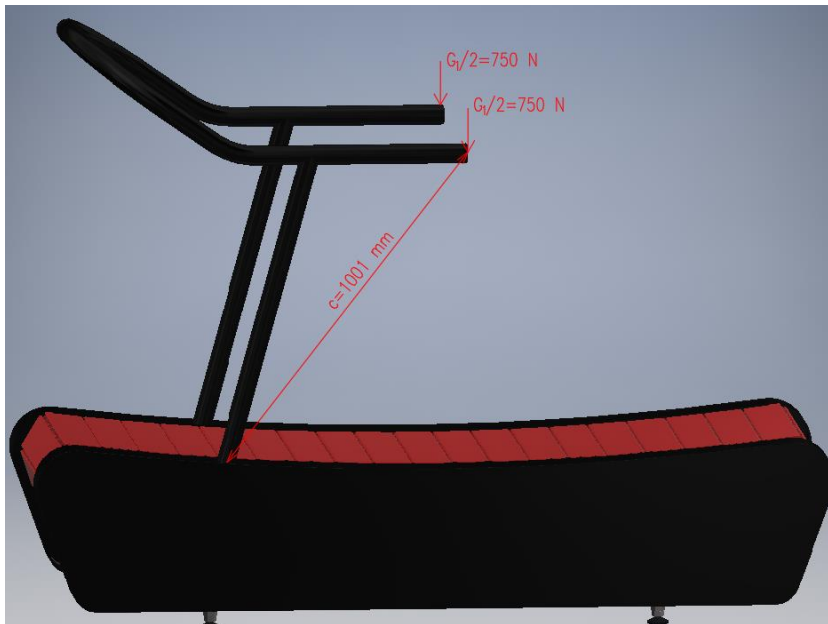
$$m = 150\text{ kg} \quad g = 10\text{ m/s}^2$$

$$m_1 = 287,9\text{ kg}$$

$$G_1 = m \cdot g = 150 \cdot 10$$

$$G_1 = 1\,500\text{ N}$$

- m_1 je hmotnost pásu, což je 287,9 kg



Obr. 13: Schéma kontroly madel

$$G_3 = \frac{G_1}{2} = \frac{1500}{2}$$

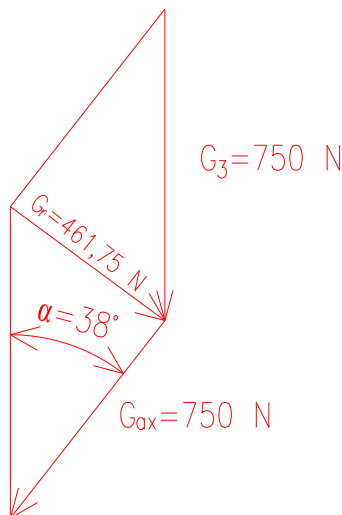
$$G_3 = 750 \text{ N}$$

$$G_r = \sin \alpha \cdot G_3$$

$$G_r = \sin 38^\circ \cdot 750$$

$$G_r = 461,75 \text{ N}$$

$$\text{V bodě A: } \sum M_A = 0 :$$



$$M_{omax} = G_r \cdot c = 461,75 \cdot 1001$$

$$M_{omax} = 462\,211,75 \text{ Nmm}$$

$$W_o = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{51^4 - 41^4}{51}$$

$$W_o = 7583,4 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_o = \frac{M_{omax}}{W_o} \leq \sigma_{Do} \quad \sigma_{o1} = \frac{462\,211,75}{7583,4}$$

$$\sigma_o \doteq 61 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o \leq \sigma_{Do} \quad 61 \text{ MPa} < 100 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Madla na ohyb vyhovují}$$

Obr. 14: Rozložení sil na madlech

2.5 CNC program výroby lamely

V této části jsem se věnoval vypracování programu pro CNC výrobu lamely. Zvolil jsem si program SurfCam, do kterého jsem nejprve naimportoval model lamely z aplikace Inventor. CNC program jsem vzhledem ke složitému tvaru lamely rozdělil do 4 programů. V každém z nich jsem musel otočit lamelu v určité rovině, tak aby byla obráběná plocha vždy nahoře.

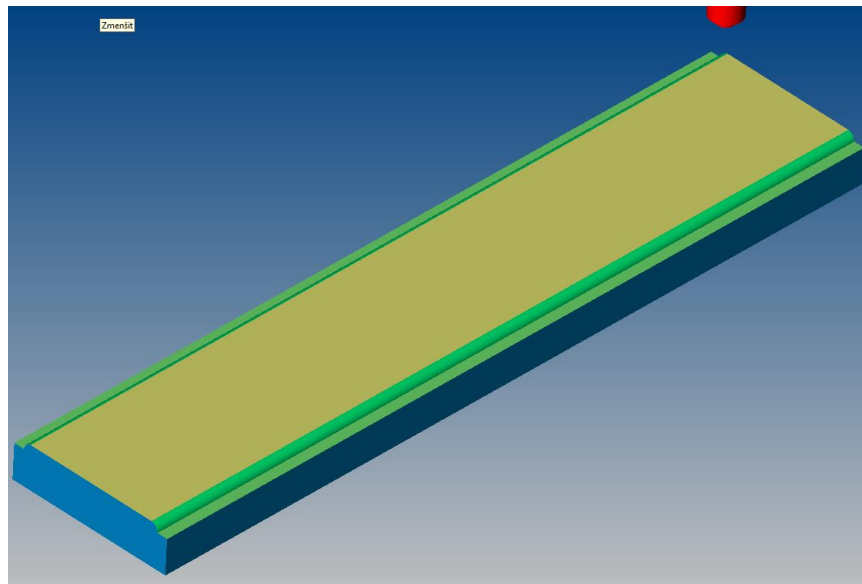
V prvním programu se lamela obrábí po její nejvíce namáhané ploše (při funkční pozici lamely to je pohled skora viz obrázky č. 15 a 16). V tomto programu se obrobí vršek lamely a vytvoří se zaoblení na obou stranách lamely.

Druhý program (obrázky č.17 a 18) se použije dvakrát, nejprve z levé strany a poté se lamela upne obráceně a stejné procesy se provedou i na straně pravé. V tomto programu se zhotoví vnější profil oček, kterými se při montáži pásu prostrčí dráty aby se spojili sousední lamely.

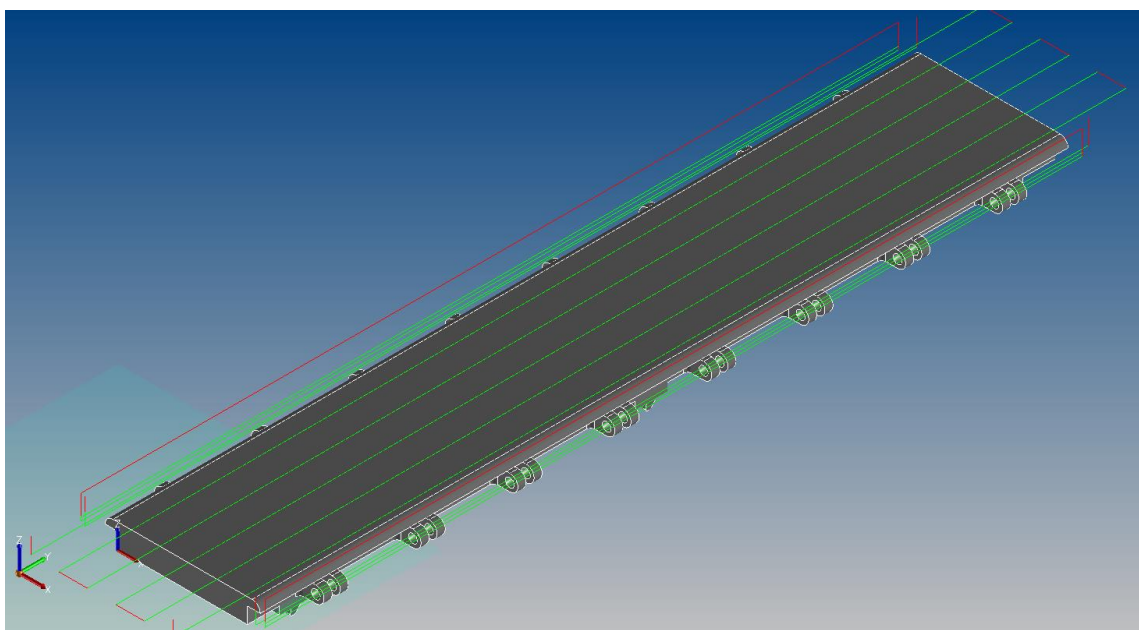
Ve třetím programu (obrázky číslo 19 a 20) se bude obrábět spodní část lamely. Tento program je nejsložitější, právě kvůli množství tvarových ploch právě na spodní straně. Obrobí se zde 3 vedení, které budou při provozu pásu jezdit v drážkách řemenic a obrobí se také boční stěny již dříve zmíněných ok. Tento program obsahuje poměrně hodně operací a proto je nejdelší.

A v posledním programu (obrázky č. 21; 22; 23) se vyvrtají díry v již dříve zmíněných okách, aby mohla správně plnit svoji funkci. Jako obráběcí nástroj se použije dlouhý vrták a vyvrtá se polovina děr obou stranách a poté se podobně jako u druhého programu lamela otočí (tentokrát však v jiném směru) a pustí se ten samý program, který vyvrtá zbytek děr.

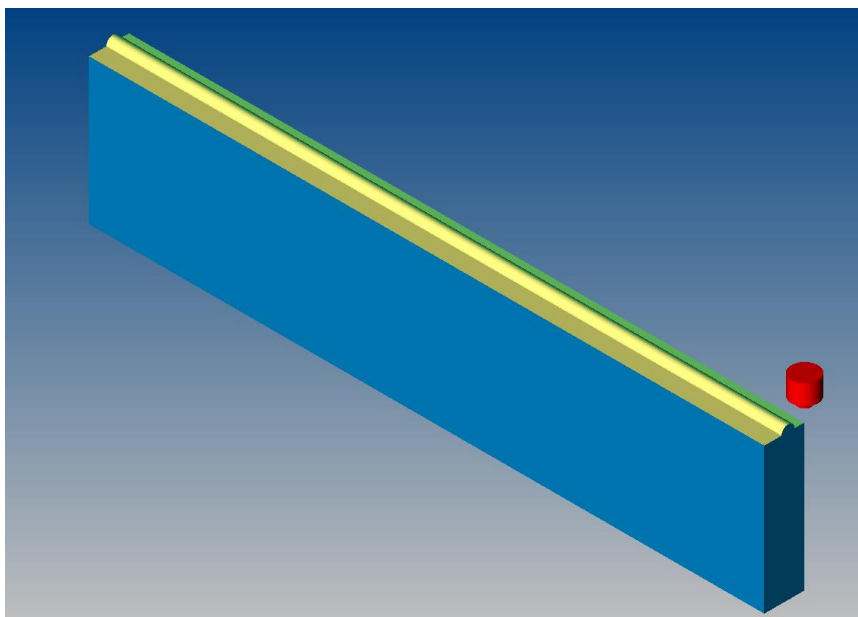
Po dokreslení pomocné geometrie a nastavení drah nástroje a procesů výroby u všech 4 programů jsem si ověřil správnost svého práce v simulacích (obrázky číslo 15 ; 17; 19 a 23). U procesu výroby lamely je nutné dodržet správné pořadí programů. Jinak by vznikl zmetek nebo se poškodil stroj.



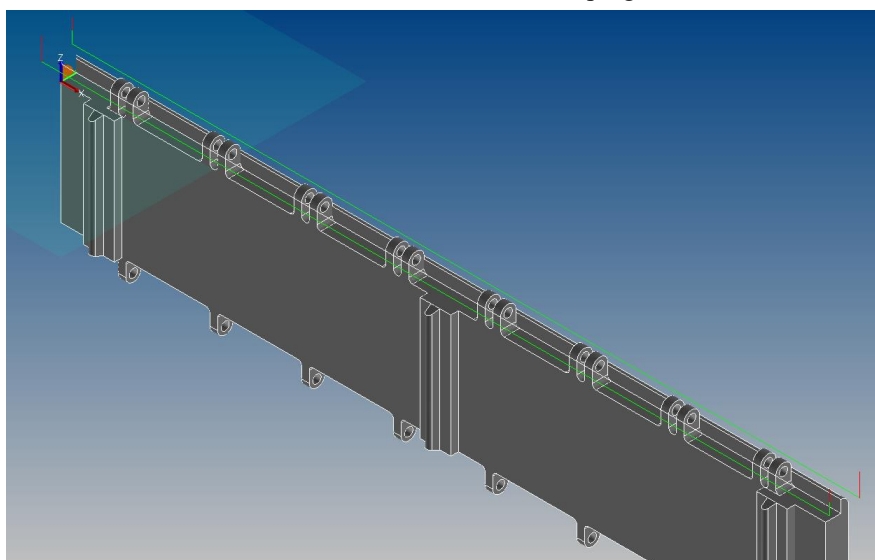
Obr. 15: simulace v CNC programu č. 1



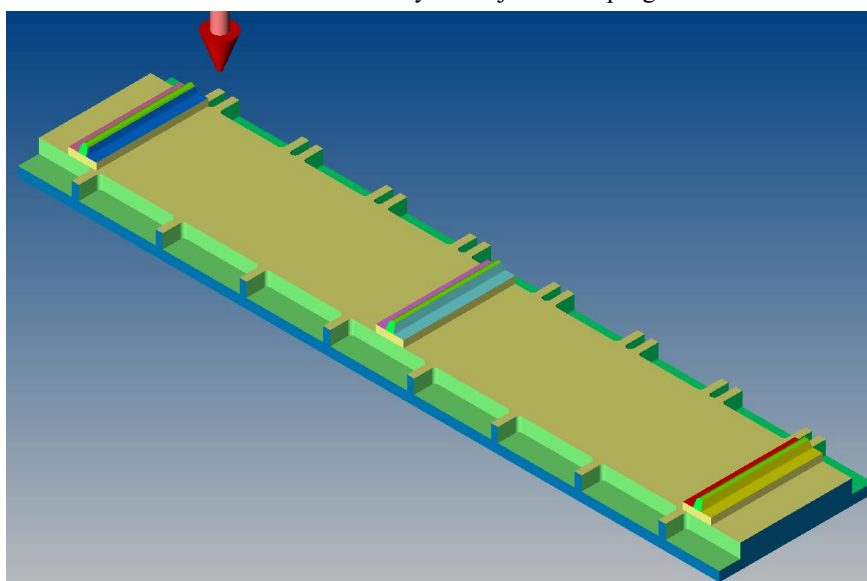
Obr. 16: dráhy nástroje v CNC programu č. 1



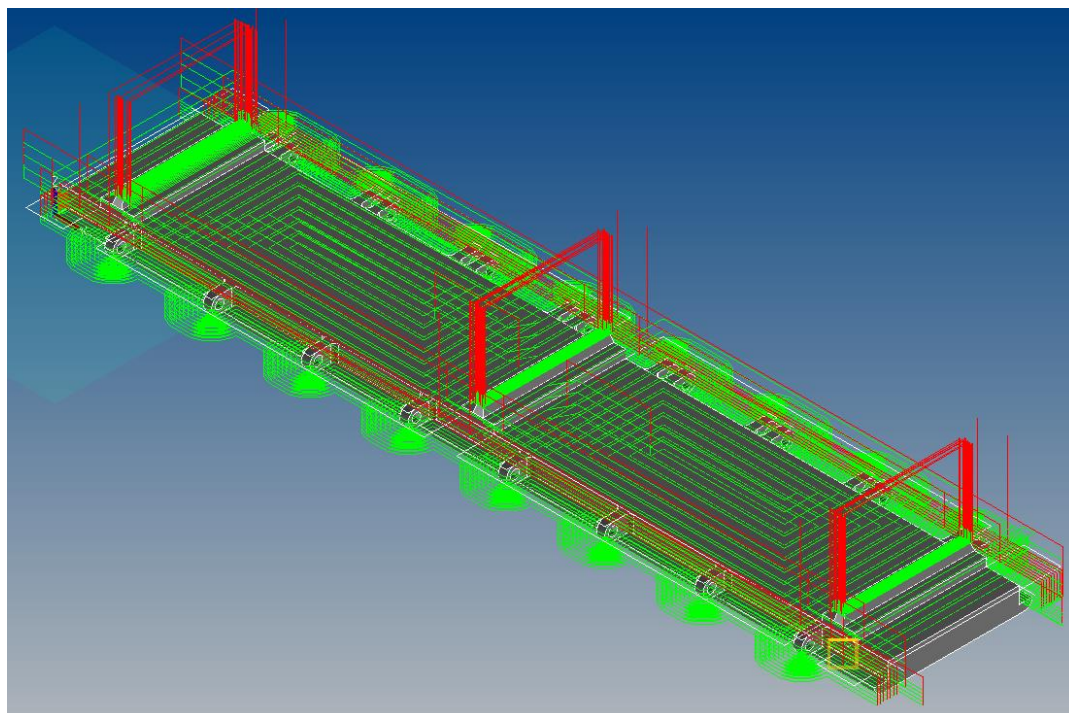
Obr. 17: simulace v CNC programu č. 2



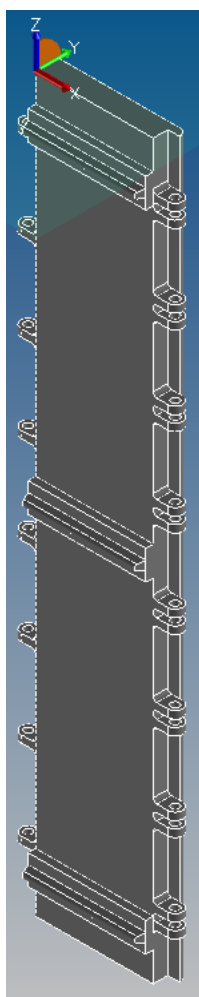
Obr. 18 dráhy nástroje v CNC programu č. 2



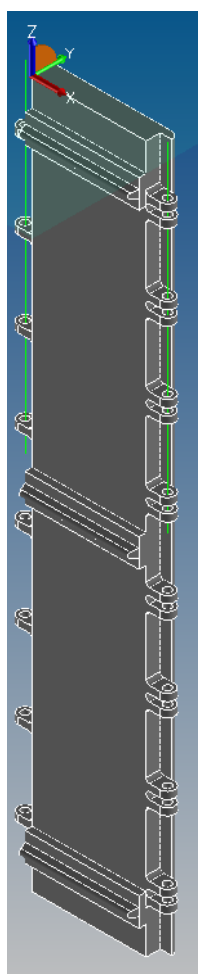
Obr. 19: simulace v CNC programu č. 3



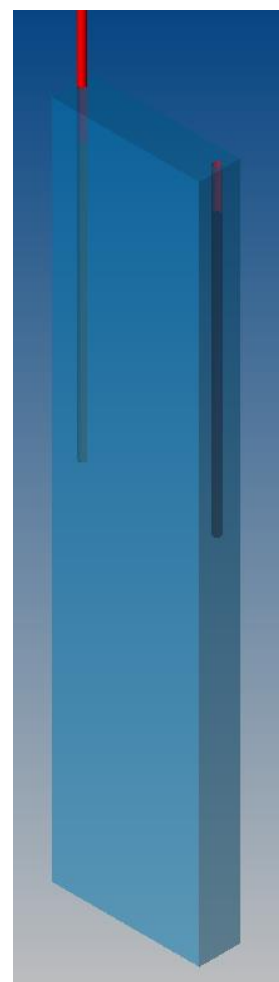
Obr. 20: dráhy nástroje v CNC programu č. 3



Obr. 21: Lamela v obráběné poloze v CNC programu č. 4



Obr. 22: dráhy nástroje v CNC programu č. 4

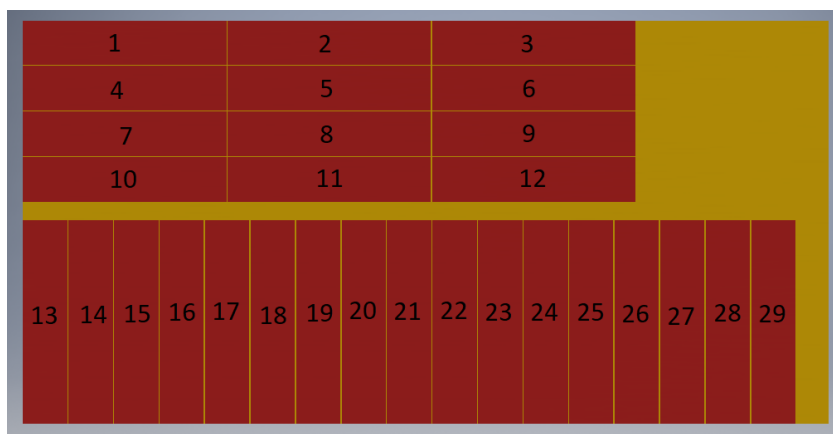


Obr. 23: Průhledná Simulace v CNC programu č. 4

2.6 Rozložení polotovarů na PVC-U desce

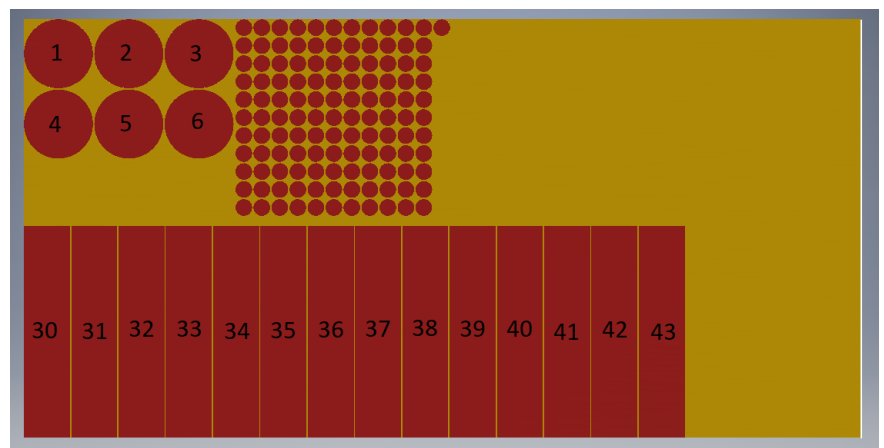
Prvně bych chtěl říct pár informací o materiálu tvrzeném polyvinylchloridu (PVC-U). PVC patří mezi termoplasty, což znamená že se dá snadno tavit a recyklovat, zvolil jsem si ho, protože pás je určen do běžných pokojových teplot kolem 22 °C (odolává do 60 °C), při kterých nehrozí zásadní změna pevnostních vlastností materiálu a je lehký, nekoroduje a lépe tlumí rázy od dopadu chodidla běžce na lamelu než třeba ocel. Tento materiál je levný a hojně používaný, v mnoha oblastech.

Již při tvorbě výkresové dokumentace jsem si určil součásti, které se budou vyrábět z tohoto materiálu vyrábět. Jsou to 3 druhy součástí, malé řemenice, těch je potřeba 129, 6 velkých řemenic a 43 lamel. Právě vyřezávání polotovarů na výrobu lamel spotřebuje největší část desek. Vzhledem k objemu, který je potřeba pro výrobu všech polotovarů jsem si určil, že budu muset koupit 2 desky o rozměrech 2000x1000 tloušťky 30 mm. Dále jsem si desky a polotovary jednotlivých součástí vymodeloval v programu Inventor a pomocí výpočtů určil a znázornil na obrázku nejvýhodnější rozložení polotovarů (obrázky 24 a 25).



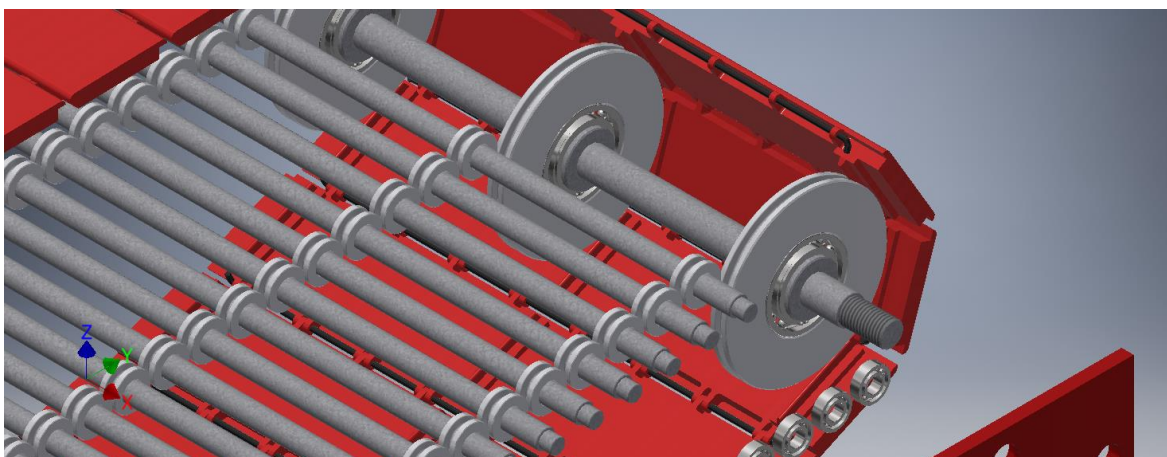
Obr. 24: Rozložení polotovarů na PVC desce 1

Obr. 25: Rozložení polotovarů na PVC desce 2

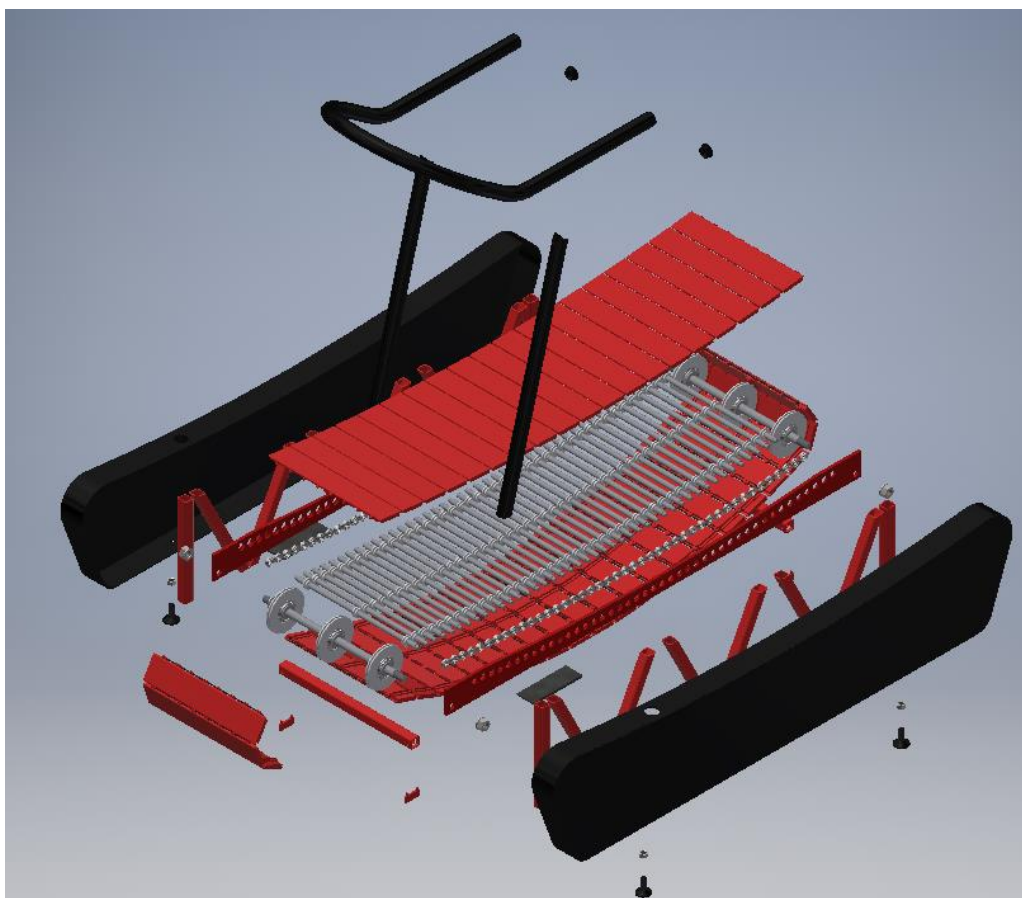


2.7 Animace rozpadu

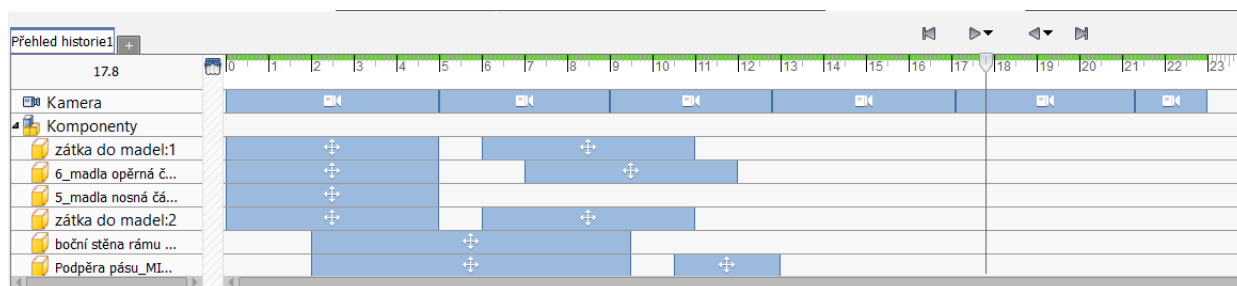
Animaci rozpadu jsem tvořil v programu Autodesk Inventor. Je to prezentace s koncovkou .ipn, kde jsem nastavil délky trvání pohledů kamer a délku trvání, vzdálenost a směr pohybu jednotlivých komponent. Chtěl jsem vytvořit animaci, při které by byli dobře vidět všechny pohyby součástí a každá součást byla ve finální pozici samostatně viditelná. Finální snímek animace rozpadu je zachycen na obrázku č. 26, na tomto snímku je zároveň vidět kontakt vedení lamel s drážkami ve velkých řemenicích. Na snímku č. 27 je zase vidět kompletně rozložený pás, na tomto pohledu by měli být vidět všechny druhy součástí pásu zvlášť. A na posledním snímku (č. 28) je ukázka nastavování délky trvání jednotlivých pohledů a pohybů komponent.



Obr. 26: detail a zároveň finální snímek Animace



Obr. 27: Kompletně rozložený pás



Obr. 28: Ukázka nastavování délky trvání efektů

2.8 Celkový přehled informací o pásu

Jednou z posledních částí bylo vytvoření celkového přehledu všeho důležitého, co potřebujete o pásu vědět a co by vás mohlo zajímat. V následujících 2 tabulkách jsou všechny tyto informace uvedeny.

V první části tabulky číslo 1 je seznam veškerých součástí, které je nutno vyrobit (nenormalizované součásti), tyto součásti jsou očíslovány pro lepší orientaci. Ke každé z těchto součástí jsem přiřadil i materiál ze kterého se budou vyrábět a počet kusů každé součásti, nutných pro zhotovení jednoho funkčního pásu. Většina součástí má být vyrobena z běžných konstrukčních ocelí třídy 11. Tyto oceli jsem volil, protože jsou levné, běžně dostupné v prodejnách a mají dostačující mechanické vlastnosti pro funkci kterou budou plnit součásti z nich vyrobené v mém pásu. Ale pro 3 druhy součástí jsem použil desky z polyvinylchloridu (PVC-U). Jak vidíte v tabulce č. 1, nejvíce se musí vyrobit malých řemenic, protože v každé poloze lamely musí být lamely ve styku nejméně se dvěma řemenicemi, aby nedošlo k naklopení lamely, což by nepříznivě ovlivnilo pohodlí běhu a lamely jsou ve třech řadách po 43 kusech, prostřední řadu řemenic jsem přidal, abych zmenšil prohnutí lamely ve středu její délky.

A ve druhé části této tabulky jsou naopak součásti, které se musí koupit (normalizované). Jsou také očíslovány (jejich číslování navazuje na číslování normalizovaných součástí) a u každé z nich i její normalizované označení a počet. A v posledním řádku je celkový počet všech součástí pásu.

V tabulce číslo 2 jsou ty nejzákladnější informace jako je výška, šířka, délka atd. Všechny tyto informace, kromě maximální nosnosti pásu, kterou jsem si určil, jsem zjistil z výkresu nebo z vlastností modelu v aplikaci Inventor. Celková hmotnost pásu mě trochu překvapila, ale vzhledem k volbě materiálu a toho, že jsem chtěl robustní pás, je to přijatelná hmotnost. Když bych chtěl hmotnost pásu snížit, lze toho docílit volbou lehčích materiálů jako jsou například slitiny hliníku nebo jiné lehčí kovy, ale v tom případě by se musel přepočítat klopný moment stroje a není jistota, že by všechny součásti vydrželi dané namáhání.

Tab. 1: Počet, materiál a označení součástí

Počet, materiál a označení součástí		
Nenormalizované součásti	Materiál	Počet
1. Boční stěny rámu	11 500.0	2
2. Dráty na spojení lamel:	11 373.0	43
3. Kryty rámu	11 500.0	2
4. Lamely	64 3200	43
5. Nosné části madel	11 500.0	2
6. Opěrná část madel	11 500.0	1
7. Malé řemenice	64 3200	43*3=129
8. Pásoviny pro tyče	11 600.0	2
9. Podpěry madel	11 373.0	2
10. Podpěry (nohy) pásu	11 500.0	4
11. Tyče na malé řemenice	11 600.0	43
12. Tyče na velké řemenice	11 600.0	2
13. Velké řemenice	64 3200	6
14. Výztuha rámu č.1	11 523.0	4
15. Výztuha rámu č.2	11 523.0	4
16. Výztuha rámu č.3	11 523.0	4
17. Výztuha rámu č.4	11 523.0	4
18. Úchyt spojovacího profilu	11 500.0	4
19. Spojovací profil	11 523.0	2
Celkem nenormalizovaných součástí		303
Normalizované součásti	Označení	Počet
20. Ložiska na tyče pro malé řemenice	LOŽISKO 6002 ČSN 02 4630	43*2=86
21. Ložiska velkých řemenic	LOŽISKO 6010 ČSN 02 4630	3*2=6
22. Pojistné kroužky pro hřídele	POJISTNÝ KROUŽEK 50 ČSN 02 2930	6*2=12
23. Nízké matice u nohy	MATICE M20 ČSN 02 1402.2	4
24. Matice u nohy	MATICE M20 ČSN EN 24032	4
25. Matice tyče pro velké řemenice	MATICE M24 ČSN EN 24032	4
26. Podložky pod matice tyčí	PODLOŽKA 25 CSN 02 1702 B	4
27. Zátky do trubek	ZÁTKA DO TRUBKY KRUHOVÁ	2
Celkem normalizovaných součástí:		122

Tab. 2: Základní parametry pásu

Základní parametry pásu	
Název parametru	Přesná hodnota
Hmotnost pásu	287,9 kg
Délka pásu	2,05 m
Šířka pásu	0,7 m
Výška pásu	1,524 m
Celkový počet součástí	425
Maximální nosnost stroje	150 kg

2.9 Ekonomické zhodnocení konstrukce

V této části jsem chtěl určit a vyhledat hned několik informací. Prvně jsem si určil polotovary potřebné pro výrobu všech součástí a jejich počet. Dále jsem na internetových e shopech vyhledával ceny určených polotovarů a jejich počet potřebný pro výrobu všech součástí. Jak vidíte v následujících dvou tabulkách (Tab. 3; a Tab. 4), u většiny polotovarů by stačilo koupit jeden kus z kterého se vyřezou nebo obrobí polotovary součástí, také jsem v rámci uspořené peněz vyráběl z jednoho druhu polotovaru více druhů součástí. Nejdražší byl plech na výrobu stěn a krytů rámu a druhé nejdražší byly desky z PVC, tato cena narostla kvůli 30 mm tloušťce.

Tab. 3: Seznam, počet a cena polotovarů

Ekonomické hledisko pásu			
Pro součást č.	Označení polotovaru	Počet polotovarů	Cena za kus
1+3	P 5–2000 x 6000 ČSN 42 5310.11	1	14 440 Kč
2	KR 5h11-3000 ČSN 42 6510	8	61 Kč
4+7+13	2000x1000x30 ČSN 64 3200	2	10 343 Kč
5+6	TR Ø51x5-4500 ČSN 42 5715	1	1 406 Kč
8	PLO 100x12-4000 ČSN 42 5522	1	922 Kč
9	PLO 80x10-500 ČSN 42 5522	1	77 Kč
10	KR 60h11-250 ČSN 42 6510	1	211 Kč
11	Ø20-6000 ČSN 42 5510	4	1 627 Kč
12	Ø20-500 ČSN 42 5511	1	49 Kč
14+15+16+17	TR 4HR 40x4 - 6000 ČSN 42 5720.00	1	799 Kč
17+18	TR 4HR 40x4 - 2100 ČSN 42 5720.00	1	288 Kč
19	PLO 35x8-250 ČSN 42 5522	1	13 Kč
Celková cena polotovarů součástí:			45 874 Kč

Tab. 4: Seznam, počet a cena normalizovaných součástí

Normalizované součásti			
Pro součást č.	Označení součásti	Počet součástí	Cena za kus
20	LOŽISKO 6002 ČSN 02 4630	86	23,52 Kč
21	LOŽISKO 6010 ČSN 02 4630	6	82,33 Kč
22	POJISTNÝ KROUŽEK 50 ČSN 02 2930	12	4,69 Kč
23	MATICE M20 ČSN 02 1402.2	4	5,25 Kč
24	MATICE M20 ČSN EN 24032	4	5,55 Kč
25	MATICE M24 ČSN EN 24032	4	10,90 Kč
26	PODLOŽKA 25 CSN 02 1702 B	4	2,78 Kč
27	ZÁTKA DO TRUBKY KRUHOVÁ	2	7,00 Kč
Celková cena polotovarů součástí:			2 685 Kč

Tab. 5: Celková cena za výrobu pásu

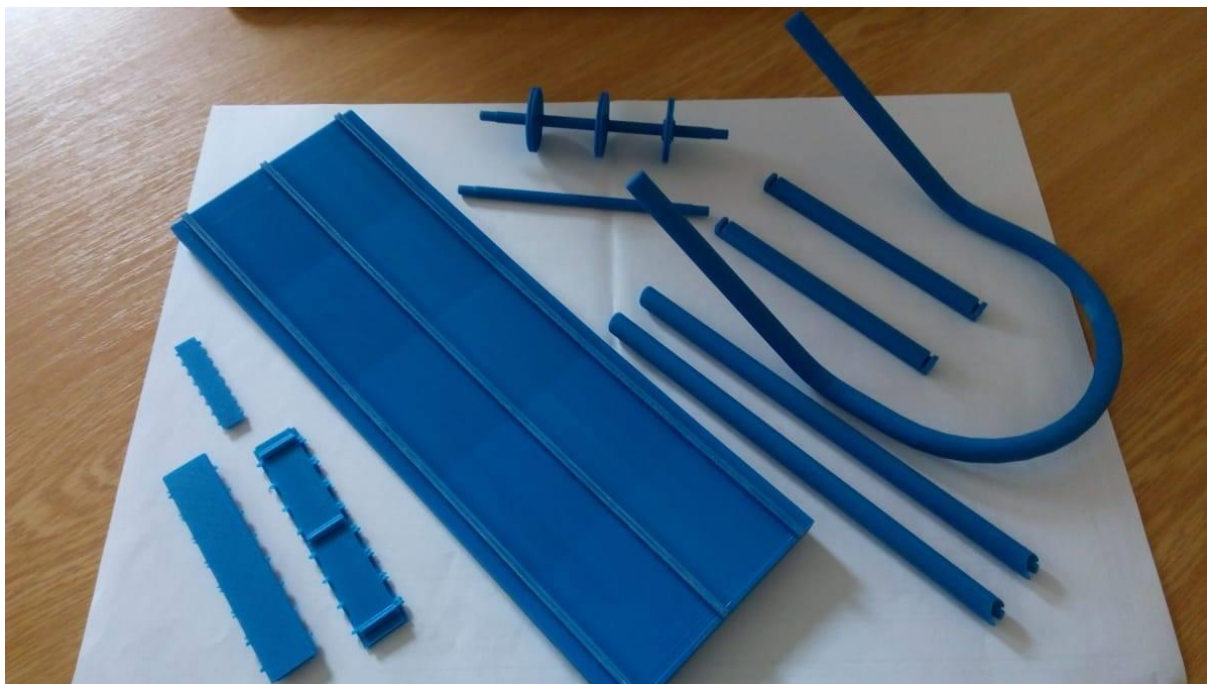
Celková cena:	48 559 Kč
---------------	-----------

2.10 3D tisk modelu

V této části jsem se na samotný závěr práce zaměřil na 3D tisk modelu. Zprvce jsem si musel rozmyslet, v jakém měřítku budu celý model dělat, prvně jsem chtěl zhotovit model v měřítku 1:10, ale vzhledem k malým rozměrům některých součástí jsem se rozhodl vytisknout model v měřítku 1:5.

Tohle měřítko s sebou však přineslo další problémy, musel jsem největší části a to pravý a levý rám rozdělit na 2 části. Protože pracovní prostor tiskárny Fortus 250 mc, byl příliš malý. Dále jsem předělal několik součástí jako jsou třeba madla a výztuhy pásu a spojovací profil tak, že jsem dutinu uvnitř součástí vyplnil, aby se vytisknutý model zpevnil. Všechny součásti, které by se při výrobě přivařili k rámu jsem vytisknul jako celek společně s bokem rámu a krytem rámu.

Dalším zásadním rozdílem vytisknutého modelu oproti pásu je to, že jsem malé řemenice s tyčemi nahradil „deskou“ s drážkami shodnými s drážkami v malých řemenicích na skutečném pásu, protože tyče by v měřítku byly příliš tenké, a to by mohlo působit problémy. Ještě jsem provedl pár dalších úprav hlavně u lamely a velkých řemenic. U lamely dělal největší problém tisk oček, kterými se provleče drát na spojení lamel, protože rozdíl vnějšího a vnitřního průměru oka byl pro tiskárnu příliš malý a občas se ani nevytisknul, tak jsem byl nucen upravit tvar i rozmístění oček.



Obr. 29: Některé součásti vytisknuté na 3D tiskárně

3 ZÁVĚR

Na závěr bych shrnul celkový průběh mé práce na tomto projektu. Ještě před zahájením práce jsem si určil cíle. Prvním z nich bylo, aby byl pás bezpečný, toho jsem docílil hlavně tím, že pás nemá žádné odkryté rotační části ani jiné nebezpečné otvory, také jsem konstrukcí lamelového pásu a rámu zamezil skřípnutí například prstů mezi 2 lamely a možnému zranění tak že mezera mezi lamelami jsou necelé 4 mm. A uvíznutí prstu mezi lamelou a rámem pásu tak, že mezera mezi těmito částmi pásu jsou 3 mm na obou stranách. A nebezpečí překlopení pásu jsem vyvrátil při kontrole klopného momentu pásu, pokud se ovšem dodrží maximální předepsaná nosnost stroje. A na bezpečnosti pásu ještě přispívá, jak už jsem dříve zdůvodnil to, že je bezmotorový.

Dalším kritériem byla jednoduchost pásu, což podporuje fakt, že má pouze 19 nenormalizovaných součástí, sice to je o něco složitější, než jsem si přál, ale pořád je to akceptovatelný stav.

Robustnost pásu je zase potvrzena váhou celé konstrukce (zmiňovanou v tabulce 2).

A to že je můj pás levnější oproti komerčně prodávaným podporují ceny hned několika pásů zmíněných v části 2.1.4 nazvané: Zajímavosti. Takže jak vidíte svá kritéria jsem vcelku splnil.

Sice jsem se prozatím rozhodl tento pás nevyrábět, a to hlavně kvůli jeho ceně. Ale jsem rozhodnut, že jednou až bude pro mě bude výdaj zhruba 48 600 Kč únosný, tak pás podle těchto podkladů vyrobím a ověřím tak jeho funkčnost prakticky.

4 POUŽITÁ LITERATURA

Odkazy na ceny a e-shopy se součástími, polotovary a zdroje obrázků.

- (1) <https://www.kondor.cz/plech-cerny-5mm-125x25m/d-78812/>
- (2) <https://www.mp-eshop.cz/tyc-kruhova-prumer-5mm-tazena-za-studena-s235jrc-c-en-10278.html>
- (3) <https://www.kondor.cz/plech-cerny-5mm-2x6m/d-78311/>
- (4) <https://www.multiplast.cz/eshop/pvc-u-materialy-88/polyvinylchlorid-pvc-u-486>
- (5) <https://www.kondor.cz/trubka-bzv-hl-51x5/d-78183/>
- (6) <https://www.kondor.cz/trubka-bzv-hl-51x5/d-78183/>
- (7) <https://www.multiplast.cz/eshop/pvc-u-materialy-88/polyvinylchloridove-tyce-pvc-u-515>
- (8) <https://online.ferona.cz/detail/28614/tyc-ocelova-plocha-valcovana-za-tepla-en-10058-rozmer-100x12>
- (9) <https://online.ferona.cz/detail/23934/tyc-ocelova-plocha-valcovana-za-tepla-en-10058-rozmer-80x10>
- (10) <https://www.kondor.cz/ocel-kruhova-60mm-doprodej/d-77709/>
- (11) <https://www.kondor.cz/ocel-kruhova-20mm/d-78762/>
- (12) <https://www.multiplast.cz/eshop/pvc-u-materialy-88/polyvinylchlorid-pvc-u-486>
- (13) <https://www.multiplast.cz/eshop/pvc-u-materialy-88/polyvinylchlorid-pvc-u-486>
- (14) <https://www.kondor.cz/jekl-40x40x4/d-78069/>
- (15) <https://www.kondor.cz/jekl-40x40x4/d-78069/>
- (16) <https://www.kondor.cz/jekl-40x40x4/d-78069/>
- (17) <https://www.kondor.cz/jekl-40x40x4/d-78069/>
- (18) <https://www.kondor.cz/jekl-40x40x4/d-78069/>
- (19) <https://online.ferona.cz/detail/22605/tyc-ocelova-plocha-valcovana-za-tepla-en-10058-rozmer-35x8>
- (20) <https://proprumysl.cz/lozisko-6002-2zr-kinex/>
- (21) <https://proprumysl.cz/lozisko-6010-2zr-kinex/>
- (22) <https://proprumysl.cz/pojistny-krouzek-na-hridel-din-471-50/>
- (23) <https://proprumysl.cz/matice-nizka-din-439b-m20-04/>
- (24) <https://proprumysl.cz/matice-din-934-m20-08/>
- (25) <https://proprumysl.cz/matice-din-934-m24-08/>
- (26) <https://proprumysl.cz/podlozka-plocha-din-125-m24/>
- (27) <https://www.dstechnik.cz/plastova-ucpavka-trubky-50mm/ibfm-zatka-592-50-4567.html>
- (28) <https://en.wikipedia.org/wiki/Treadwheel>
- (29) <https://www.fitham.cz/>

5 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1: Historie běžeckých pásů

Obr. 2: Nejlevnější pás HMS ONE B 4228

Obr. 3: Nejdražší pás Matrix T7xi

Obr. 4: Multifunkční lamelový běžecký pás TECHNOGYM SKILLMILL™ CONNECT

Obr. 5: Dřevěný běžecký pás Sprintbok

Obr. 6: Hlavní sestava

Obr. 7: Pásovina na tyče

Obr. 8: Tyč na velké řemenice

Obr. 9: Podsestava řemenic s tyčemi

Obr. 10: Podsestava rámu s řemenicemi a tyčemi

Obr. 11: Lamela

Obr. 12: Schéma klopného momentu

Obr. 13: Schéma kontroly madel
Obr. 14: Rozložení sil na madlech
Obr. 15: simulace v CNC programu č. 1
Obr. 16: dráhy nástroje v CNC programu č. 1
Obr. 17: simulace v CNC programu č. 2
Obr. 18: dráhy nástroje v CNC programu č. 2
Obr. 19: simulace v CNC programu č. 3
Obr. 20: dráhy nástroje v CNC programu č. 3
Obr. 21: Lamela v obráběné poloze v CNC programu č. 4
Obr. 22: dráhy nástroje v CNC programu č.4
Obr. 23: Simulace v CNC programu č. 4
Obr. 24: Rozložení polotovarů na PVC desce 1
Obr. 25: Rozložení polotovarů na PVC desce 2
Obr. 26: Animace rozpadu finální snímek
Obr. 27: Kompletně rozložený pás
Obr. 28: Ukázka nastavování délky trvání efektů
Obr. 29: Některé součásti vytisknuté na 3D tiskárně

Tab. 1: Počet, materiál a označení součástí

Tab. 2: Základní parametry pásu

Tab. 3: Seznam, počet a cena polotovarů

Tab. 4: Seznam, počet a cena normalizovaných součástí

Tab. 5: Celková cena za výrobu pásu