



**FAKULTA
ŠROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

Konstrukční návrh dopravníku s modulárním pásem

Design of Conveyor with Modular Belt

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2023

Bc. Václav MRÁZ

Studijní program: Dopravní a transportní technika

Specializace: Transportní technika

Vedoucí práce: Ing. Josef Kamenický

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Mráz** Jméno: **Václav** Osobní číslo: **492439**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**
Studijní program: **Dopravní a transportní technika**
Specializace: **Transportní technika**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Konstrukční návrh dopravníku s modulárním pásem

Název diplomové práce anglicky:

Design of a Conveyor with a Modular Belt

Pokyny pro vypracování:

V rámci závěrečné práce vypracujte návrh rozřídovacího dopravníku, který je součástí linky se čtečkou čárových kódů a robotického pracoviště pro paletizaci zboží. Navržený dopravník musí zajistit rozřídění zboží do odlišných pozic, které jsou umístěny po obou stranách dopravníku. Velikost zboží (šířka, délka) je do 200 mm, maximální hmotnost 1 kg a požadovaná rychlost dopravníku alespoň 4,7 m/min.

Celkový návrh zahrnuje provedení řešení se zaměřením na danou problematiku, návrh klíčových parametrů, návrhové a kontrolní výpočty významných konstrukčních uzlů.

Dále vytvořte 3D CAD model navrhovaného zařízení a výkresovou dokumentaci obsahující sestavný výkres zařízení a výrobní výkresy vybraných součástí.

Seznam doporučené literatury:

ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Spojce a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008.

ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Mechanické převody. Praha: ČVUT, 2003.

KUGL, O. a kol.: Projekt - III. ročník. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Josef Kamenický ústav přístrojové a řídicí techniky FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **03.04.2024**

Termín odevzdání diplomové práce: **02.08.2024**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Josef Kamenický
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. František Lopot, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Josefa Kamenického za použití uvedené literatury.

V Praze dne 22.5.2024

Bc. Václav Mráz

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Josefu Kamenickému, za jeho cenné rady a připomínky, rodině za jejich trpělivost a podporu.

Anotační list

Jméno autora: Bc. Václav Mráz
Název bakalářské práce: Konstrukční návrh dopravníku s modulárním pásem
Anglický název: Design of conveyor with modular belt
Rok napsání: 2023
Studijní program: Dopravní a transportní technika
Obor studia: Transportní technika
Ústav: Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Josef Kamenický

Bibliografické údaje: počet stran: 60
počet obrázků: 57
počet tabulek: 0
počet příloh: 4

Klíčová slova: Dopravník, modulární pás

Keywords: Conveyor, modular belt

Anotace:

Cílem této diplomové práce je navrhnout dopravník s modulárním pásem s kuličkami. V práci je řešen konstrukční návrh jednotlivých částí dopravníku, způsob pohybu a třídění dopravovaného zboží. Kritické prvky jsou podrobeny MKP analýze.

Abstract:

The aim of this thesis is to design a conveyor with a modular belt with balls. The thesis deals with the structural design of the individual parts of the conveyor, the method of movement and sorting of the conveyed goods. The critical elements are subjected to FEM analysis.

Obsah

Úvod	1
Teoretická část	2
1. Teoretický rozbor dopravníků	3
1.1 Pásové dopravníky	3
1.1.1 Hlavní části pásového dopravníku	3
1.1.2 Typy pásových dopravníků	10
1.2 Válečkové dopravníky	12
1.2.1 Hlavní části válečkového dopravníku	12
1.2.2 Typy válečkových dopravníků	13
1.3 Návrh a bezpečná konstrukce dopravníků dle ČSN EN 620:2011	14
1.4 Značení dopravníků dle ČSN EN 1819	15
Praktická část	16
2. Návrh dopravníku	17
2.1 Návrh primárního pásu	19
2.1.1 Volba pásu	19
2.1.2 Volba podpěrné desky pásu	20
2.1.3 Hnací a vratná část	20
2.1.4 Návrh nosné trubky ozubených kol	22
2.1.5 Vratná strana	22
2.1.6 Volba motoru	23
2.1.7 Volba ložisek	23
2.2 Návrh sekundární části	24
2.2.1 Vstupní hodnoty	24
2.2.2 Tažná síla	24
2.2.3 Krouticí moment hnacího bubnu	25
2.2.4 Výpočet předepnutí pásu	25
2.2.5 Napínací zařízení	26
2.2.6 Volba pásu	27
2.2.7 Volba podepření pásu	27
2.2.8 Volba válečků po stranách	28
2.2.9 Elektromotor a převodovka	28
2.2.10 Porovnání rychlosti pásu s rychlostí na válečcích	29
3. Popis konstrukčního řešení	31
3.1 Sestava dopravníku	31
3.2 Vstup	32
3.3 Sekundární část	34
3.4 Přejížděvací část	36
3.5 Výstup	37
3.6 Optický senzor	38
3.7 Rám	39
4. MKP analýza	42
4.1 Hnací hřídel	42

4.2 Kluzná deska přechodové části	43
Závěr.....	46
Seznam použité literatury	47
Seznam obrázků	49
Seznam zkratk a symbolů.....	51
Seznam příloh.....	53

Úvod

Dopravník s modulárním pásem je zařízení používané k přepravě materiálů, produktů nebo zboží z jednoho místa na druhé v průmyslových prostředích. Modulární pás je složen z oddělených, propojených článků nebo modulů, které umožňují flexibilitu a snadnou údržbu. Tyto pásy jsou často vyrobeny z plastových materiálů a mají různé tvary a velikosti článků, které lze snadno spojovat a rozpojovat podle potřeby.

Dopravníky s modulárním pásem se využívají v různých průmyslových odvětvích, jako jsou potravinářský průmysl, automobilový průmysl, logistika nebo zpracování odpadů. Mohou být konfigurovány do různých tvarů a délek, což umožňuje přepravu různých typů zboží či materiálů s různými hmotnostmi a rozměry. Tyto dopravníky jsou oblíbené pro svou spolehlivost, odolnost a schopnost přizpůsobit se různým potřebám průmyslových provozů.

Mám za úkol navrhnout dopravník s modulárním pásem daných parametrů. V teoretické části se budu zabývat různými druhy dopravníků a jejich jednotlivých částí, možnostmi jejich provedení. Praktická část obsahuje rozbor volby konstrukce jednotlivých částí dopravníku. Věnuji se výpočtu kritických částí, navrhuji vhodná řešení a vhodné komponenty.



Teoretická část

1. Teoretický rozbor dopravníků

Dopravníky jsou klíčovými prvky v moderním průmyslu a logistice, které umožňují efektivní a automatizovaný pohyb materiálů a výrobků v různých fázích výroby a distribuce. Od montážních linek v továrnách přes sklady a distribuční centra až po těžební průmysl, dopravníkové systémy představují páteř mnoha operací. Proces dopravy může probíhat horizontálně, vertikálně nebo pod různými úhly, a může být realizován pomocí různých mechanických principů, jako jsou pásy, válečky, řetězy nebo šrouby. Hlavním cílem dopravníkových systémů je zefektivnit pohyb materiálů, snížit manuální práci, zvýšit rychlost a přesnost operací a tím optimalizovat výrobní a logistické procesy.

Existuje mnoho různých typů dopravníků, každý navržený pro specifické aplikace a potřeby. Mezi základní typy patří:

- pásové dopravníky
- válečkové dopravníky
- řetězové dopravníky
- šnekové dopravníky

Z důvodu použití v této práci se zaměřím na rozbor pásových a válečkových dopravníků.

1.1 Pásové dopravníky

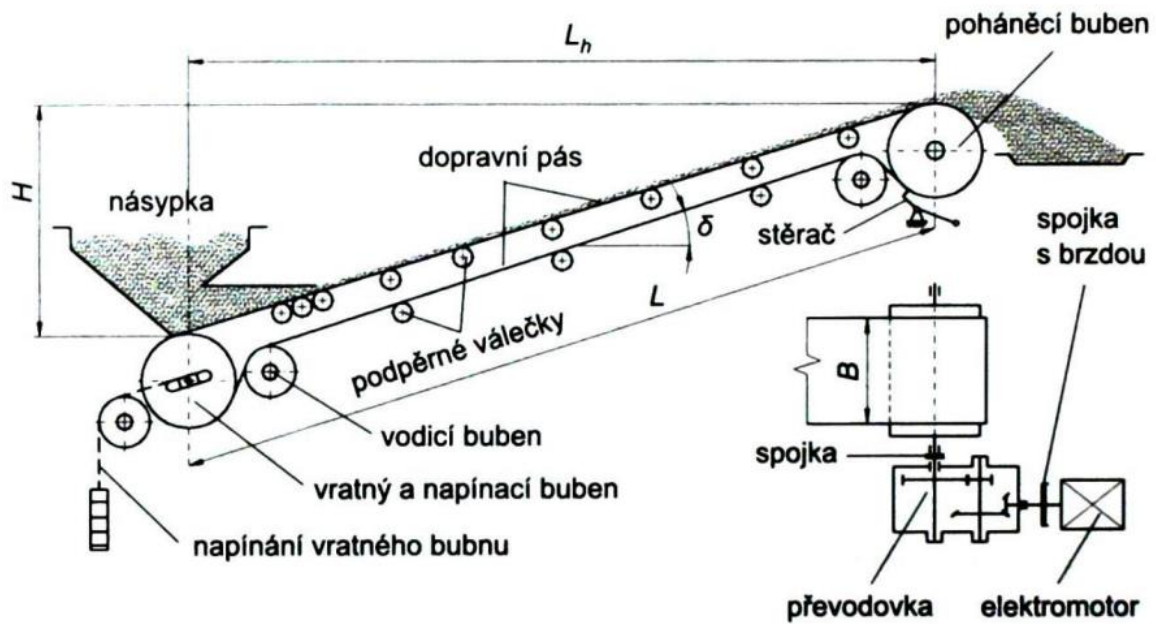
Pásový dopravník je klíčovým prvkem v průmyslových operacích, umožňujícím účinný přenos materiálů z jednoho místa na druhé. Jeho konstrukce a typy mají rozhodující vliv na širokou škálu aplikací a efektivitu průmyslových procesů.

1.1.1 Hlavní části pásového dopravníku

Každá část pásových dopravníků má klíčovou roli ve správném fungování systému a je navrhována tak, aby vyhovovala specifickým potřebám průmyslové aplikace. Jejich robustnost, správná údržba a koordinovaný provoz jsou zásadní pro efektivní a bezproblémový transport materiálu nebo produktů.

Pásový dopravník se skládá z těchto hlavních částí:

- pás
- vratný a poháněcí buben
- rámy a konstrukce
- pohon
- napínání
- podpěrné válečky



Obr 1.: Schéma pásového dopravníku [1]

Hnací a vratné bubny

Hnací bubny jsou umístěny na tom konci dopravníku, kde je pás poháněn. Jsou spojeny s pohonem a přenášejí hnací sílu na pás, čímž zajišťují jeho pohyb.

Vratné bubny jsou umístěny na opačném konci. Pomáhají s řízením pásu. Bývá na nich připojeno napínací zařízení.

Tyto bubny jsou často vybaveny povrchovou úpravou, která zlepšuje trakci a snižuje prokluz pásu při pohonu. Nejčastější je pryžový potah, který zabraňuje prokluzu pásu a zároveň prodlužuje životnost bubnu. Dále se provádí keramické nebo hliníkové obložení. U samotného povrchu bubnu dochází k povlakování, abrazivnímu čištění či chemické úpravě pro zvýšení odolnosti proti opotřebení a pro korozní ochranu. Bubny mohou mít různé průměry a šířky podle potřeby.



Obr. 2.: Buben s keramickým obložením [3]

Rámy a konstrukce

Při výběru materiálu pro konstrukci je důležité zvážit různé faktory, jako jsou pevnost, hmotnost, montážní náklady a ekonomická efektivita. Mezi nejčastěji používané materiály pro výrobu rámu patří lehké hliníkové profily (například Haberkorn), ocelové profily a hraněné plechy. Výhodou hliníkových profilů je jednoznačně nízká hmotnost. Hliník je lehký kov, což usnadňuje manipulaci a transport. Zároveň je tento materiál relativně odolný korozi, což zvyšuje životnost konstrukce. Nevýhodou je nižší pevnost a vyšší cena než u ocelových profilů.

Ocelové profily poskytují vyšší nosnost i při malých průřezech, jsou levnější, ale zároveň těžší a náchylnější ke korozi.

Hraněné plechy umožňují vytvářet variabilní a estetické konstrukce. Hranění samotné není složitý proces, ale je to další operace, kterou je potřeba buď provést, nebo objednat a zaplatit. Plechy musí být přesně navrženy tak, aby se daly hranit na dané rozměry a tvar. Dále je potřeba zvážit způsob montáže rámu. Hliník je oproti ocelovým profilům těžce svařitelný. Pokud se ale má jednat pouze o montovaný rám, schopnost svařitelnosti nehraje roli.



Obr. 3.: Rovinný pásový dopravník s rámem z alutec profilů [6]

Válečky

Hlavní funkcí podpěrných válečků je poskytovat podporu pásu. Pomáhají přenášet váhu a zatížení dopravovaného materiálu.

Tyto válečky zaručují nižší tření pásu než v kontaktu s kluznou deskou, což umožňuje plynulý pohyb pásu a minimalizuje opotřebení. Rozkládají zatížení po celé šířce pásu, což pomáhá zabránit deformacím a prodlužuje životnost pásu.

Typy podpěrných válečků:

Hlavní válečky: Nacházejí se v pravidelných intervalech pod pásem a nesou většinu zatížení.

Boční válečky: Umístěny po stranách pásu pro stabilizaci a zabránění jeho odchýlení se stranou.

Další dělení je na gravitační nepoháněné a poháněné válečky. Válečky se dají pohánět různými typy řemenů a řetězů.

Materiály a konstrukce:

Ocelové válečky: Běžně se používají ocelové válečky pro jejich pevnost a odolnost.

Plastové válečky: Některé aplikace vyžadují plastové válečky kvůli jejich odolnosti vůči chemikáliím a korozní odolnosti.

Některé válečky mají gumové obložení, které zlepšuje trakci a minimalizuje opotřebení pásu.



Obr. 4.: Váleček pro pohánění drážkovým řemenem [5]

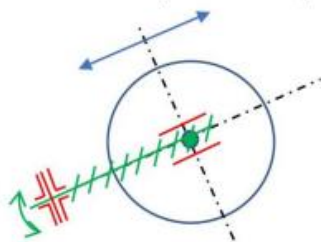
Pohon

Typy pohonů: Pohony mohou být elektrické, hydraulické nebo mechanické. Elektrické jsou často preferované pro jejich spolehlivost a snadnou kontrolu rychlosti a směru pohybu.

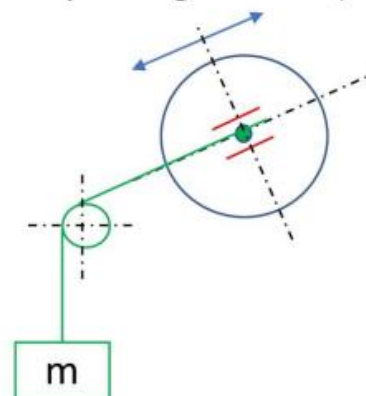
Napínání

Existují různé systémy pro udržení správného napětí pásu, jako jsou závaží, šrouby, pružiny, hydraulika nebo speciální válečky. Jejich účelem je minimalizovat opotřebení pásu a udržet konzistenci napětí.

Napínání šroubem (vrátkem)



Napínání gravitační (závažím)



Obr. 5.: Napínání pásu [2]

Pás

Pás se skládá z několika vrstev a může být vyroben z různých materiálů:

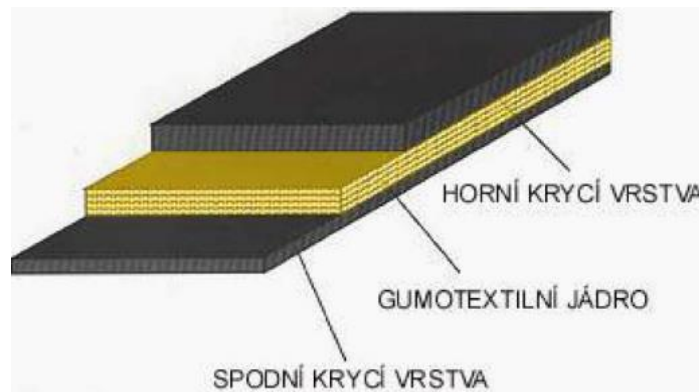
Pryžové zvládají teploty $-30^{\circ}\text{C} \div 60^{\circ}\text{C}$ a bývají opatřeny textilním nebo ocelovým kordem spolu s pryžovými vrstvami. Nejsou vhodné pro abrazivní materiály.

PVC pásy se používají na místech, kde nechceme použít pryžové. Nejsou vhodné do výbušných prostředí.

Textilní se používají pro dopravu látek s malou sypnou rychlostí bez ostrých hran.

Ocelové jsou vhodné pro horké a abrazivní materiály.

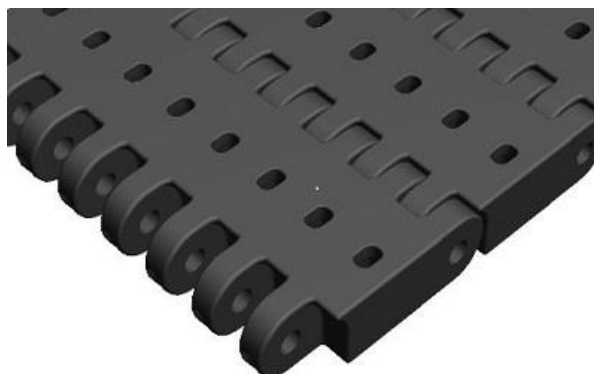
Drátěné mají podobné vlastnosti jako ocelové, ale zároveň s dopravou umožňují chlazení.



Obr. 6.: Průřez pásem [2]

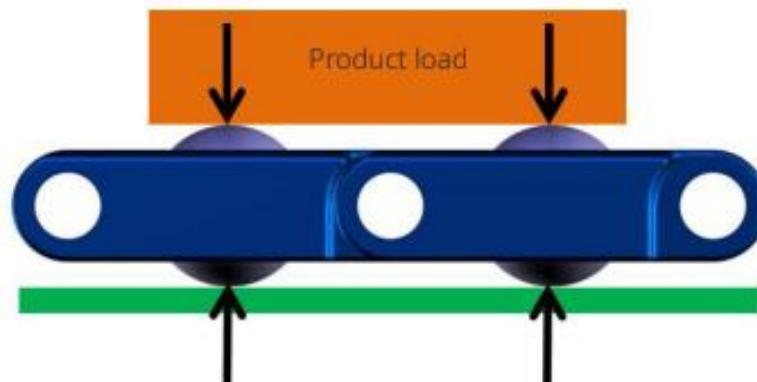
Existují různé typy povrchů pásů, například hladké, drážkované či přizpůsobené pro specifické účely (například pro přepravu potravinářských produktů).

Modulární pásy jsou složeny z jednotlivých článků, které se vzájemně spojují, nabízejí větší flexibilitu, odolnost a možnost přizpůsobení se různým potřebám. Jejich variabilita umožňuje efektivní manipulaci s materiálem v různých odvětvích a prostředích.



Obr. 7.: Příklad provedení modulárního pásu [4]

Modulární pás s kuličkami je složen z článků, ve kterých jsou zabudované otočné kuličky. Spodky kuliček jsou v kontaktu s druhotným pásem nebo s pevným kluzným ložiskem umístěným přímo pod ním. Při přejezdění přes otěrová lůžka nebo pevné otěrové lišty stačí spustit pás na poloviční rychlost, než je potřebná rychlost pohybu produktu. Tím se sníží generovaný hluk pásu ve srovnání s produkty běžícími na běžném pásu bez kuliček. Zvýší se také životnost pásu. Pohyb přes pás je možný bez potřeby vedení, což odstraňuje riziko otlacení zboží při kontaktu s bočními vodícími lištami nebo odbočovacími rameny. Zároveň také zajišťuje, že se zboží samovolně neotočí kvůli tření mezi zbožím a vedením.

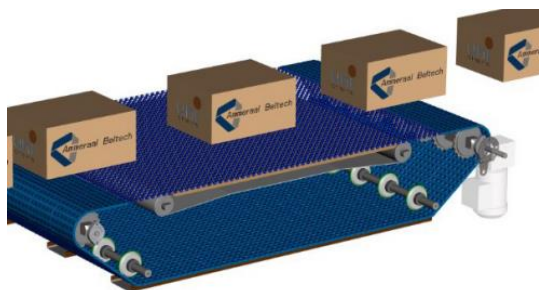


Obr. 8.: Modulární pás s kuličkami [9]

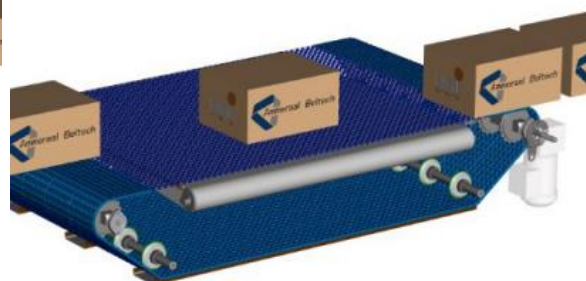
Pod modulárním pásem se mimo pevných lišt může instalovat sekundární pás nebo několik sekundárních pásů. Pohyb sekundárního pásu pod modulárním pásem, umožňuje řízenou manipulaci se zbožím na primárním páse. S použitím jednoho sekundárního pásu nataženém ve stejném směru jako primární pás lze zvýšit otáčení kuliček, a tedy zvýšit rychlost pohybu zboží za neměnné rychlosti primárního pásu. S použitím dvou sekundárních pásů vedle sebe lze docílit natočení zboží. Stačí, aby se sekundární pásy pohybovaly opačným směrem.

Pokud sekundární pás natočím o 90° oproti primárnímu, mohu posouvat zboží na páse do stran, dle směru otáčení sekundárního pásu.

Každý pás musí mít vlastní pohon.

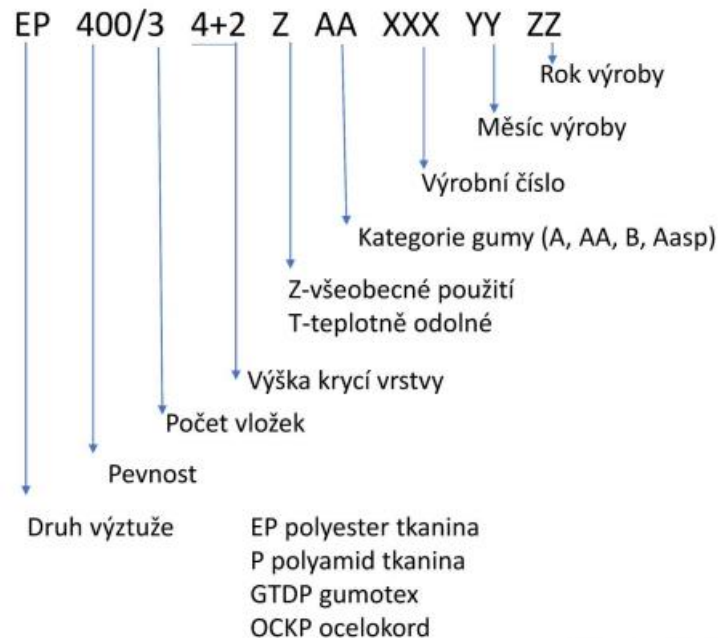


Obr. 9.: Primární a sekundární pás ve stejném směru [9]



Obr. 10.: Primární a sekundární pás pootočené o 90° [9]

Značení pásů pásových dopravníků je důležité pro identifikaci jejich specifikací, což zahrnuje informace o materiálu, rozměrech, vlastnostech a doporučeném použití. Toto značení pomáhá zajistit, že správný typ pásu je použit pro konkrétní aplikaci, což zvyšuje efektivitu a bezpečnost.



Obr. 11.: Značení gumotextilního pásu [2]

Kluzná deska

Kluzná deska se obvykle vyrábí z plechu. Když je deska upevněna na nosném rámu, vytváří tzv. ložní profil pro dopravníkový pás. Aby se kluzná deska mohla používat, je potřeba zvolit pás určený pro provoz s kluznou deskou, což znamená pás s nižším třecím koeficientem.

Deska je obvykle konstruována z několika částí, zejména u delších dopravníků. Existuje několik důvodů pro tento přístup. Jedním z nich jsou rozměry plechového polotovaru kluzné desky a celková hmotnost. Manipulace s delšími deskami by byla obtížná u delších dopravníků. Dalším důvodem je možnost následných oprav. Pokud je část desky poškozená a deska je rozdělená, lze vyměnit pouze danou část, aniž by bylo nutné měnit celou délku desky dopravníku. Dalším konstrukčním prvkem bývá mírný náběh na začátku a konci desky, který usnadňuje přechod pásu z bubnu na desku. Posledním konstrukčním prvkem jsou otvory pro šrouby, pokud je třeba kluznou desku montovat pomocí šroubového spoje.

1.1.2 Typy pásových dopravníků

Každý typ pásových dopravníků má své vlastní specifické výhody a je navržen pro určité prostředí nebo účel. Jejich variabilita a adaptabilita umožňují efektivní přenos materiálu v různých průmyslových odvětvích a procesech.

Rovinné pásové dopravníky:

Jedná se o nejjednodušší typ dopravníků. Jsou používány pro přímý přenos materiálu po rovné trase.

Použití: Často v montážních linkách, skladových halách nebo v průmyslových procesech, kde je potřeba stabilní a přímý pohyb materiálu.

Skloněné pásové dopravníky:

Navrženy pro přepravu materiálu pod určitým sklonem, mohou být skloněny nahoru či dolů.

Použití: Pro dopravu materiálu do vyšších nebo nižších úrovní, například při nakládání a vykládání v různých patrech skladů.

Zatáčkové pásové dopravníky:

Konstruovány pro pohyb kolem zatáček nebo oblouků, umožňují efektivní přenos materiálu na různé směry.

Použití: V průmyslových procesech, kde je zapotřebí změnit směr pohybu materiálu bez přerušení dopravy.



Obr. 12.: Zatáčkový pásový dopravník [7]

Modulární pásové dopravníky:

Modulární pásové dopravníky jsou specifický typ pásových dopravníků, které využívají modulárního pásu s oddělenými články či moduly. Tyto systémy přenosu materiálu jsou navrženy pro vysokou flexibilitu, snadnou údržbu a široké využití v průmyslových prostředích.

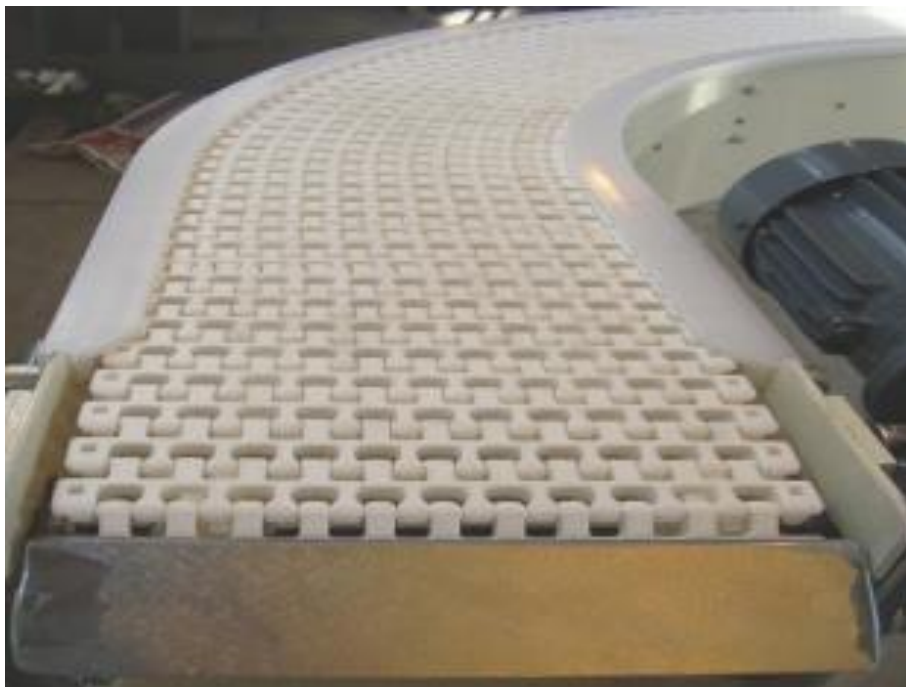
Využití modulárních pásových dopravníků:

Flexibilita v uspořádání: Díky modulárnímu designu lze snadno měnit délku, tvar a uspořádání pásu podle potřeby.

Snadná údržba: Oddělené články umožňují snadnou výměnu poškozených částí, což minimalizuje dobu údržby, oprav a cenu.

Různá průmyslová využití: Jsou používány v potravinářském průmyslu, automobilovém průmyslu, zpracování odpadů a mnoha dalších odvětvích pro manipulaci s materiálem.

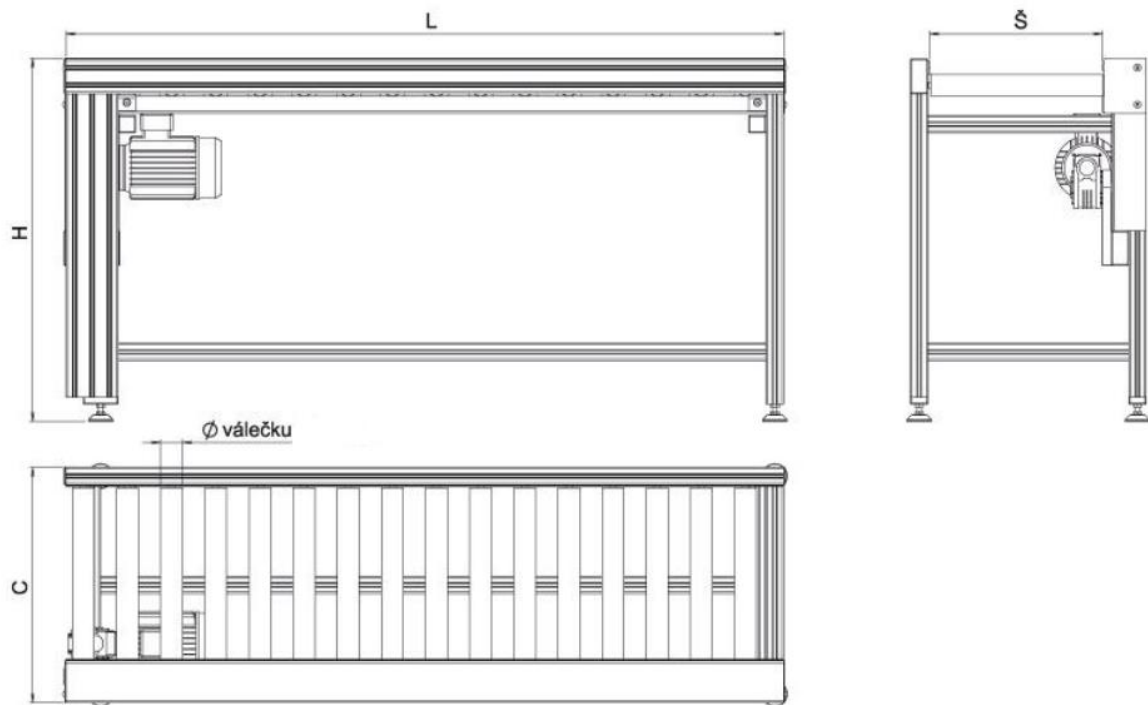
Modulární pásové dopravníky nabízejí větší variabilitu a snadnou údržbu ve srovnání s tradičními pásovými dopravníky, což je činí atraktivní volbou pro průmyslové aplikace, kde je potřeba flexibilita a rychlá změna uspořádání přenosu materiálu.



Obr. 13.: Modulární pásový dopravník [8]

1.2 Válečkové dopravníky

Válečkové dopravníky jsou jedním z nejpoužívanějších typů dopravníkových systémů v různých průmyslových odvětvích. Jejich jednoduchý, ale účinný design umožňuje snadný pohyb různých druhů materiálů a výrobků.



H – Výška podstavy dopravníku; **L** – Celková délka dopravníku; **Š** – Šířka mezi bočnicemi; **C** – Celková šířka dopravníku
 Blížší specifikace v rámci nabídky. Hodnoty uvedené na výkrese jsou v mm.

Obr. 14.: Schéma válečkového dopravníku [19]

1.2.1 Hlavní části válečkového dopravníku

Válečkové dopravníky se skládají z řady válečků upevněných na rámu. Materiály nebo výrobky jsou přepravovány po těchto válečcích buď pomocí gravitace, nebo mechanickým pohonem. Hlavními komponenty válečkových dopravníků jsou:

Válečky

Válečky jsou válcovité součásti, které nesou materiál a umožňují jeho pohyb po dopravníku. Oproti pásovým dopravníkům zde nepodpírají pás, ale přímo slouží k dopravě zboží nebo materiálu. Mohou být vyrobeny z různých materiálů, jako je ocel, nerezová ocel, plast nebo guma, a mohou mít různé povrchové úpravy, aby vyhovovaly specifickým aplikacím.

Rám a pohonný systém

Konstrukční možnosti a provedení rámu i výběr druhu pohonného systému jsou shodné s pásovými dopravníky.

1.2.2 Typy válečkových dopravníků

Gravitační válečkové dopravníky

Gravitační válečkové dopravníky jsou jednoduché, nevyužívají žádný pohon a spoléhají na gravitaci pro pohyb materiálů. Jsou ideální pro použití v situacích, kde je možné dopravníky umístit pod mírným sklonem. Jejich výhodou jsou nízké náklady na provoz a údržbu, jednoduchost, spolehlivost a snadná instalace.

Poháněné válečkové dopravníky

Využívají motorový pohon k pohybu válečků, čímž umožňují kontrolovaný pohyb materiálů bez ohledu na sklon. Používají se pro přepravu i těžších materiálů v automatizovaných výrobních linkách.

Kuželové válečkové dopravníky

Mají válečky ve tvaru kužele, což umožňuje pohyb materiálů v zakřivených trasách bez změny orientace.

Teleskopické válečkové dopravníky

Mohou měnit svou délku, což umožňuje flexibilní použití, například při nakládce a vykládce nákladních vozidel.

Modulární válečkové dopravníky

Jsou sestaveny z jednotlivých modulů, které lze snadno přidávat nebo odebírat podle potřeby.



Obr. 15.: Teleskopický válečkový dopravník [27]

1.3 Návrh a bezpečná konstrukce dopravníků dle ČSN EN 620:2011

Návrh a konstrukce pásových dopravníků dle normy ČSN vyžaduje pečlivou analýzu, dodržování předpisů a testování, aby se zaručila bezpečnost, spolehlivost a efektivita provozu tohoto průmyslového zařízení. Každý prvek a fáze konstrukce musí být prováděn s ohledem na specifické normy a požadavky platné v České republice.

Analýza požadavků a prostředí

Zohlednění potřeb průmyslového procesu, typu přenášeného materiálu, rychlosti, kapacity a prostředí, ve kterém bude dopravník používán.

Identifikace příslušných bezpečnostních předpisů a normativních požadavků na minimalizaci rizik spojených s provozem pásových dopravníků.

Návrh konstrukce

Využití materiálů odpovídajících normám ČSN, které splňují požadavky na pevnost, odolnost a bezpečnost.

Návrh konstrukce, délky a tvaru dopravníku v souladu s požadavky aplikace a standardy bezpečnosti.

Pohon a napínání

Výběr a umístění pohonu podle normativních požadavků na bezpečnost a efektivitu. Implementace systémů udržujících správné napětí pásu, aby se minimalizovala opotřebení a zajistila stabilní a bezpečná funkce dopravníku.

Zabezpečení provozu

Nouzové procedury: Definování nouzových postupů a způsobů, jak reagovat v případě nehody nebo mimořádné události.

Kontrola a údržba: Směrnice pro pravidelnou kontrolu, údržbu a servis pásových dopravníků za účelem zachování jejich bezpečnosti a funkčnosti.

Vyžadování ochranných prvků a zařízení pro minimalizaci rizik, například zábrany, kryty, nouzové vypínače apod.

Testování a certifikace

Provádění zkoušek a testů, které ověřují bezpečnost, funkčnost a spolehlivost dopravníku v souladu s normami ČSN.

Zajištění certifikace a dokumentace konstrukce, která potvrzuje splnění normativních požadavků.

1.4 Značení dopravníků dle ČSN EN 1819

Správné označení a identifikace částí pásových dopravníků podle normy ČSN ISO 1819 je klíčové pro správnou údržbu, montáž, servisní práce a bezpečný provoz těchto zařízení v průmyslovém prostředí. Pomáhá to pracovníkům a technikům jednoduše lokalizovat a identifikovat konkrétní části, což napomáhá k efektivnímu a bezproblémovému provozu.

Identifikační štítky

Jednotlivé části pásových dopravníků by měly být opatřeny identifikačními štítky obsahujícími informace o jejich funkcích, specifikacích, sériových číslech nebo dalších důležitých údajích.

Označení by mělo být jednoznačné a snadno čitelné, aby umožňovalo rychlou identifikaci a orientaci při práci s pásovými dopravníky.

V souladu s normou by mělo být označení konzistentní a standardizované, aby se minimalizovala možnost zmatení nebo nesprávné interpretace označených částí.

Číselné označení: Například sériová čísla nebo identifikační čísla jednotlivých částí (např. motor, pás, napínací zařízení) na identifikačních štítcích.

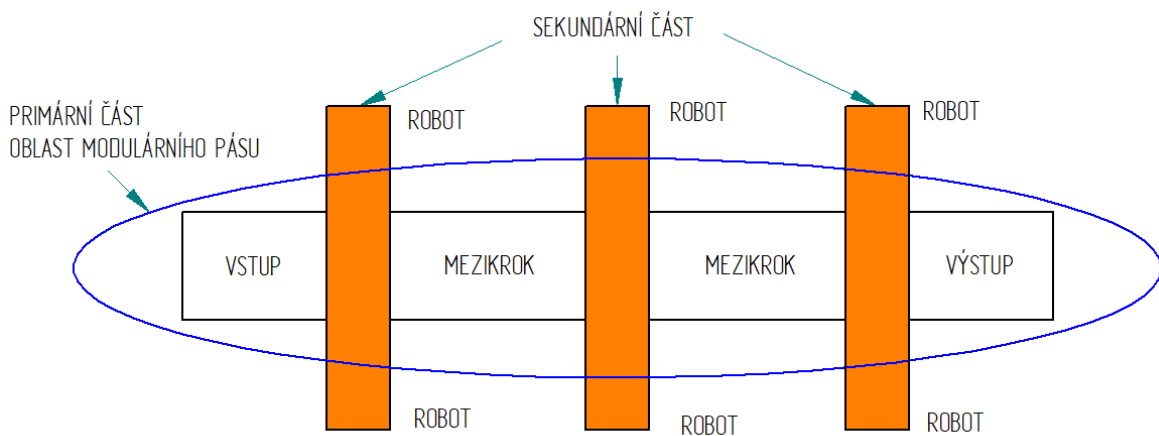
Piktogramy a symboly: Využití standardizovaných symbolů a piktogramů pro označení funkcí či specifických vlastností částí dopravníků.



Praktická část

2. Návrh dopravníku

Navrhuji rozřídovací dopravník s modulárním pásem s kuličkami. Rozteč os modulárního pásu dopravníku je 4,5 m. Z důvodu zjednodušení montáže a praktičnosti celého dopravníku se skládá z jednotlivých částí, které lze k sobě lehce seskládat. Sekundární pás je oproti primárnímu modulárnímu pásu otočen o 90°, aby umožňoval posun přepravovaného zboží do stran. Na výstupech sekundárního pásu je vždy robot, který odebírá balíček a provádí paletizaci.

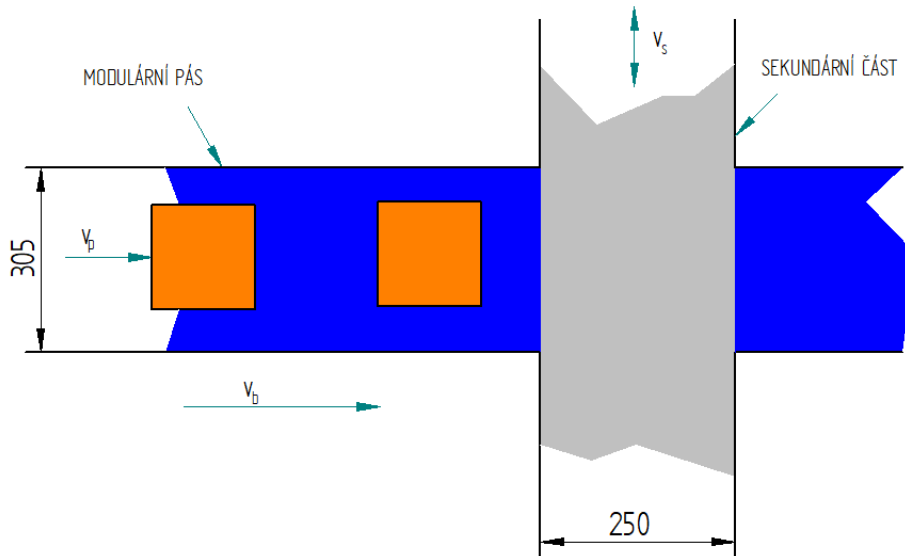


Obr. 16.: Schéma dopravníku

Vstupní hodnoty

Délka dopravníku	$L_d = 4500 \text{ mm}$
Šířka modulárního kuličkového pásu (primárního pásu)	$H_{pp} = 305 \text{ mm}$
Šířka sekundárního pásu	$H_{sp} = 250 \text{ mm}$
Rozměry dopravovaného zboží dxš-v	200x200-200 mm
Maximální hmotnost jednoho ks zboží	$m_p = 1 \text{ kg}$
Mezera mezi dopravovaným zbožím	$p_x = 100 \text{ mm}$

Rychlosti na pásu



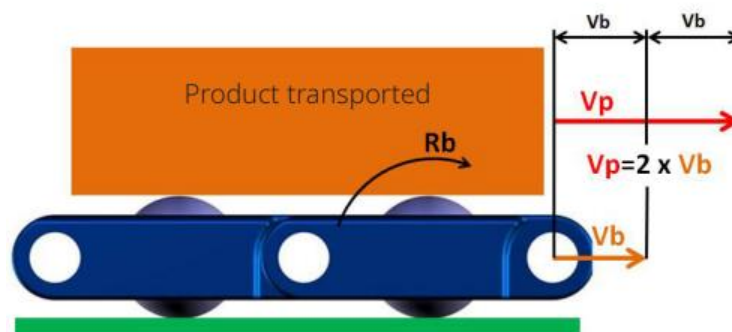
Obr. 17.: Rychlosti na pásech

Požadovaná rychlost dopravníku je alespoň 4,7 m/min. Jelikož se produkt nepohybuje po pásu samotném, ale po kuličkách pásu, je jeho rychlost v porovnání s rychlostí pásu dvojnásobná. Kuličky jsou zespodu přitlačovány na desku, což zapříčiňuje jejich otáčení. Obvodová rychlost kuličky je větší než osová rychlost pásu.

Volím rychlost primárního pásu $v_p = 2,5$ m/s

rychlost sekundárního pásu $v_s = 20$ m/s

Rychlost dopravovaného zboží na primárním pásu $v_p = 2v_b = 5$ m/min



Obr. 18.: Vztah rychlosti pásu a rychlosti produktu [9]

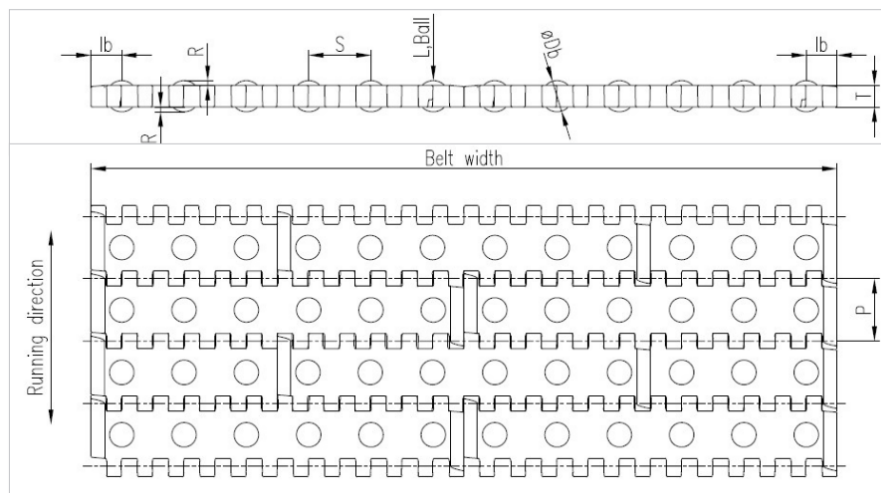
Zásadní je, aby při takto nastavených rychlostech nemuselo docházet ke zpomalování či zastavování primárního pásu během třídění balíku na sekundární pás. Při rychlosti produktu 5 m/min = 83,3 mm/s, rychlosti sekundárního pásu 20 m/min = 333,3 mm/s a dodržení mezery mezi produkty, je zaručeno, že produkt se dostane na válečky sekundární části dopravníku včas. Nedojde tedy ke kolizi s následujícím balíkem. Primární pás se může pohybovat stále stejnou rychlostí.

2.1 Návrh primárního pásu

2.1.1 Volba pásu

Volím pás uni QNB Ball od firmy Ammeraal Beltech.

Kuličkový modulární pás uni QNB od firmy Ammeraal Beltech vyniká nad konkurencí díky své vysoké nosnosti, modulární konstrukci, hygienickým vlastnostem, vynikající trakci, širokému spektru aplikací a energetické účinnosti. Tyto vlastnosti dělají z tohoto pásu ideální volbu pro různé průmyslové aplikace, zejména tam, kde jsou kladeny vysoké požadavky na odolnost, hygienu a flexibilitu.

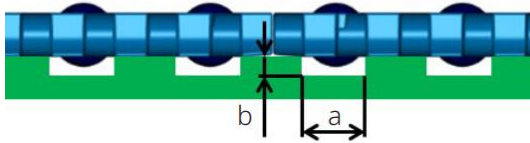


Obr. 19.: Schéma pásu [9]

Šířka pásu	305 mm	$P = 25,4$ mm
Hmotnost pásu	$b_w = 9,3$ kg/m ²	$S = 25,4$ mm
Maximální rychlost pásu	50 m/min	$T = 8,8$ mm
Maximální zatížení na kuličku	0,5 kg	$l_b = 12,7$ mm
Počet kuliček	1550/m ²	$D_b = 12,7$ mm

2.1.2 Volba podpěrné desky pásu

Pás je nutno v dopravní části, v místě, kde není sekundární pás, podepřít. Je několik možností, jak to udělat.



Obr. 20.: Podpora pásu var. A [9]



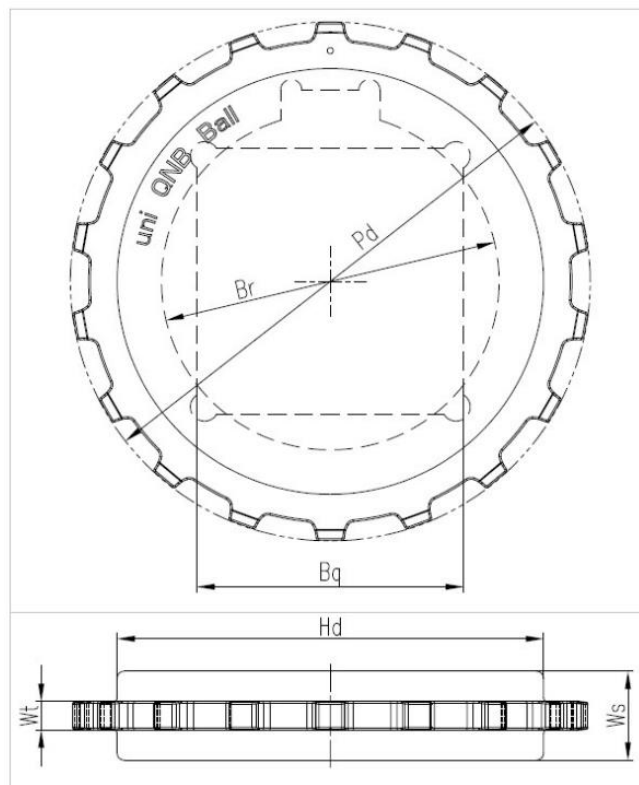
Obr. 21.: Podpora pásu var. B [9]

Volím variantu B, kde dochází k menšímu opotřebení pásu. Deska je v kontaktu pouze s kuličkami. Vlivem pohybu pásu dochází k otáčení kuliček. Dopravovaná rychlost zboží je dvakrát větší než rychlost pásu.

Výrobce je doporučována a já volím polyetylenovou desku PEHD 1000.

2.1.3 Hnací a vratná část

Hnací a vratný buben v případě modulárního pásu nahrazují ozubená kola. Modulární pás je složen z jednotlivých plastových článků, které nedokonale obemykají válec. Používají se ozubená kola s takovou roztečí zubů, aby vždy připadal zub na plochu článku pásu a ne do mezery mezi články. Zároveň jsou dány rozteče mezi koly tak, aby se nedotýkala kuliček na pásu.



Obr. 22.: Schéma ozubeného kola [9]

Použiji ozubená kola firmy Ammeraal Beltech, které přesně odpovídají pásu.

Počet zubů $z = 18$

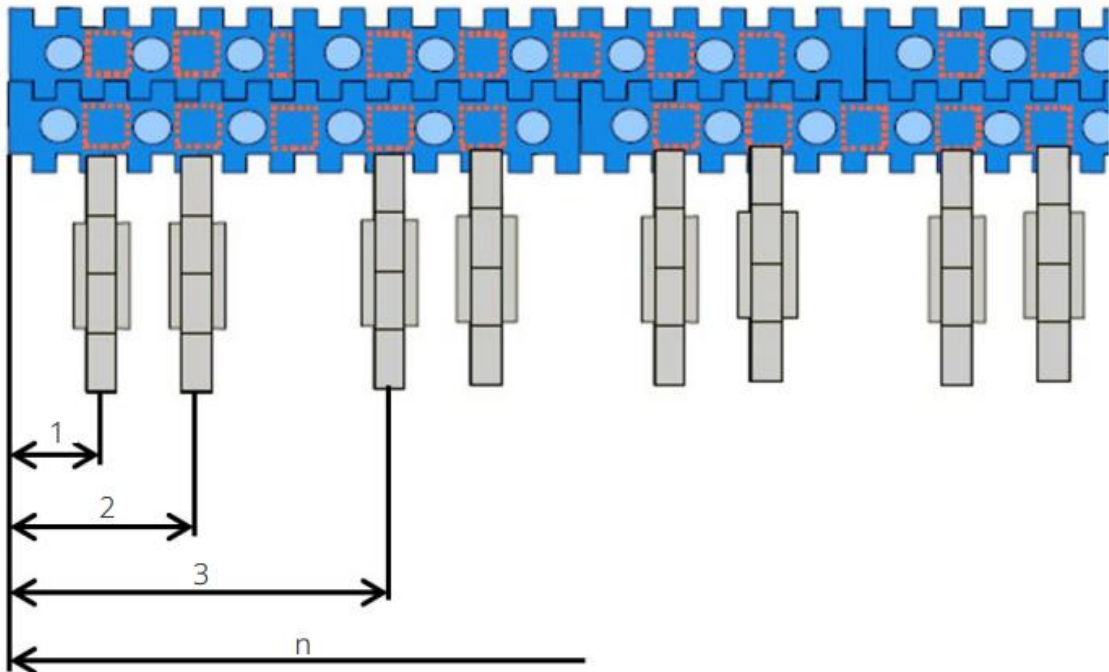
Maximální zatížení na kolo 1840 N

$P_d = 146,3$ mm $B_r = 95,3$ mm

$H_d = 120$ mm $B_q = 76,3$ mm (3 in)

$W_s = 25$ mm $W_t = 8$ mm

Pás se dá podepřít na hnací i vratné straně až osmi ozubenými koly. Dle katalogu firmy Ammeraal Beltech je maximální dovolené zatížení na ozubené kolo 1840 N. Vzhledem k nosnosti kol a zatížení dopravníku volím podepření vždy po čtyřech kolech.



Obr. 23.: Rozložení ozubených kol [9]

Vzdálenost zleva

1) 25,3 mm

3) 101,3 mm

6) 202,7 mm

8) 278,7 mm

2.1.4 Návrh nosné trubky ozubených kol

Celková tažná síla od maximálního zatížení dopravníku

Součinitel tření dle katalogu mezi deskou a kuličkami $f = 0,2$

Zatěžující hmotnost primárního pásu m_{zp} by neměla přesáhnout 50 kg. Vycházím ze součtu hmotností dopravovaných balíků na pásu a hmotnosti pásu $9,3\text{kg/m}^2$.

$$T_p = m_{zp}gf = 50 \cdot 9,81 \cdot 0,2 = 98,1 \text{ N} \quad (1)$$

Volím materiál 11523

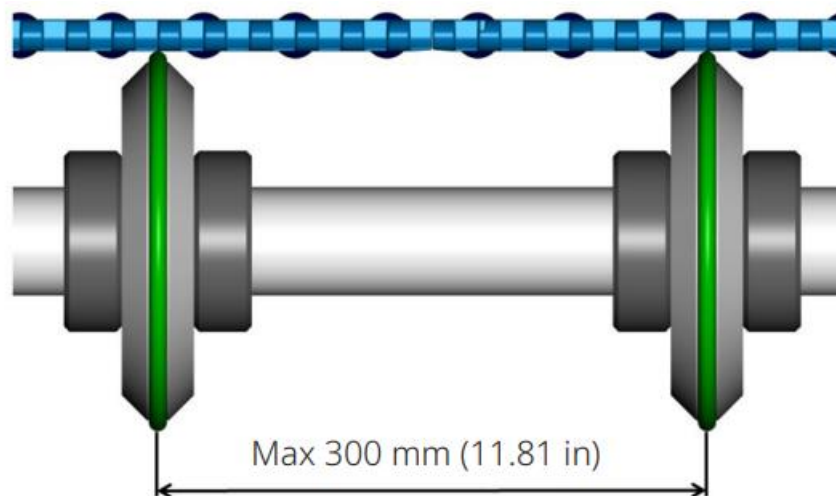
$$M_p = T_p \cdot \frac{P_d}{2} = 98,1 \cdot \frac{146,3}{2 \cdot 1000} = 7,18 \text{ Nm} \quad (2)$$

Volím čtvercový profil 3 in (76,3x76,3 mm)

Rozměry profilů v palcích nejsou v Česku moc dostupné. RS Components zde prodává tyče takovýchto rozměrů nebo je možno nechat si vyrobit rozměr na míru.

2.1.5 Vratná strana

Modulární pás je na vratné straně nutno podepřít. Vhodným řešením je na hřídel nasadit disky, jež se dotýkají pásu tak, aby nedocházelo ke kontaktu s kuličkami. Disky jsou upevněny pomocí svěrných kroužků.



Obr. 24.: Podepření vratné strany [9]

Volím disky

Vnější průměr	$D_d = 160 \text{ mm}$
Průměr hřídele	$d_d = 40 \text{ mm}$
Počet disků	4
Vzdálenost mezi disky	76 mm
Materiál disků	EN AW 6063

2.1.6 Volba motoru

Pro volbu pohonu je nutné nejprve vypočítat požadované otáčky hnacího hřídele z rychlosti pásu. Dále řeším požadovaný příkon motoru. Účinnost elektromotoru volím $\eta_m = 0,9$.

$$n_p = \frac{v_p}{\pi P_d} = \frac{2,5}{\pi * 0,1463} \cong 5,44 \text{ min}^{-1} \quad (3)$$

$$P_p = \frac{M_p \omega}{\eta_m} = M_p * 2\pi * \frac{n_p}{60} * \frac{1}{\eta_m} = 7,18 * 2\pi * \frac{5,44}{60} * \frac{1}{0,9} = 4,54 \text{ W} \quad (4)$$

Volím kuželový převodový motor od firmy SEW

Číslo dílu	KA39/TR17DR2S56MR4
Výkon	0,09 kW
Jmenovité otáčky motoru	1380/min
Výstupní otáčky	5,4/min
Výstupní kroutící moment	125 Nm
Hmotnost	26,8 kg

2.1.7 Volba ložisek

Na vratné hřídeli s ozubenými koly i na hřídelích s disky podpírající modulární pás na vratné straně pásu volím jednořadá kuličková ložiska SKF UCP 207.

Základní dynamická únosnost $C = 25,5 \text{ kN}$

Základní statická únosnost $C_0 = 15,3 \text{ kN}$

Ložiska jsou nejvíce namáhána na vratné hřídeli s ozubenými koly. Zatížení je vytvořeno od hmotnosti pásu a produktů na něm dopravovaných. Dopravní strana pásu se pohybuje po ozubených kolech na hřídelích, jež jsou podepřeny celkem čtyřmi ložisky. Pro výpočet volím tedy velikost radiálního zatížení ložiska jako čtvrtinu zatížení od primárního pásu.

$$F_{ekv} = F_R = g * \frac{m_{zp}}{4} = 9,81 * \frac{50}{4} = 122,63 \text{ N} \quad (5)$$

$$Lh = \left(\frac{C}{F_{ekv}} \right)^m \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_p} = \left(\frac{25500}{122,63} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 5,44} = 2,75 * 10^{10} \text{ h} \quad \text{Vyhovuje} \quad (6)$$

Na hřídeli v hnací části volím dvouřadá naklápěcí ložiska SKF 1208 EKTN9. Na hřídeli je zavěšen motor. Naklápěcí ložisko by mělo vyrovnat motorem vzniklé vibrace. Radiální sílu na ložisko počítám jako součet čtvrtiny zatížení od primárního pásu a zatížení od motoru.

Základní dynamická únosnost $C = 19,9 \text{ kN}$

Základní statická únosnost $C_0 = 6,95 \text{ kN}$

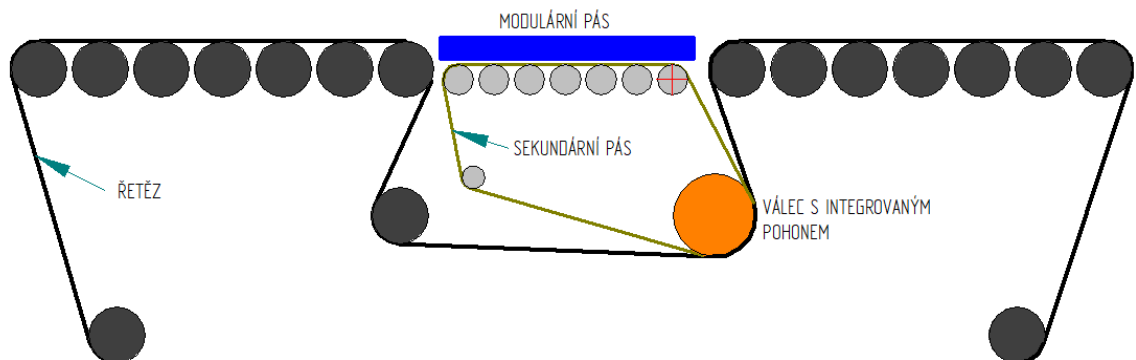
Maximální úhel naklopení $\alpha_l = 2,5^\circ$

$$F_{ekv} = F_R = g * \left(\frac{m_{zp}}{4} + m_m \right) = 9,81 * \left(\frac{50}{4} + 26,8 \right) = 385,53 \text{ N} \quad (7)$$

$$Lh = \left(\frac{C}{F_{ekv}} \right)^m \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_p} = \left(\frac{19900}{385,53} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 5,44} = 4,21 * 10^8 \text{ h} \quad \text{Vyhovuje} \quad (8)$$

2.2 Návrh sekundární části

Sekundární část je komplikovanější, jelikož sekundární pás musí být zapuštěn o tloušťku modulárního pásu oproti válečkům na stranách. Válečky pod modulárním pásem musí mít rozteč přesně dle kuliček na modulárním pásu. Rozteč je 25,4 mm. Po těchto válečkách se pohybuje textilní sekundární pás, který pohání váleček s integrovaným pohonem. Na tomto hnacím válečku je též řetězové kolo. Řetězem jsou poháněny válečky na stranách sekundární části, na které se produkt dostane, když je odvalen z modulárního pásu. Jejich rozteč už může být větší.

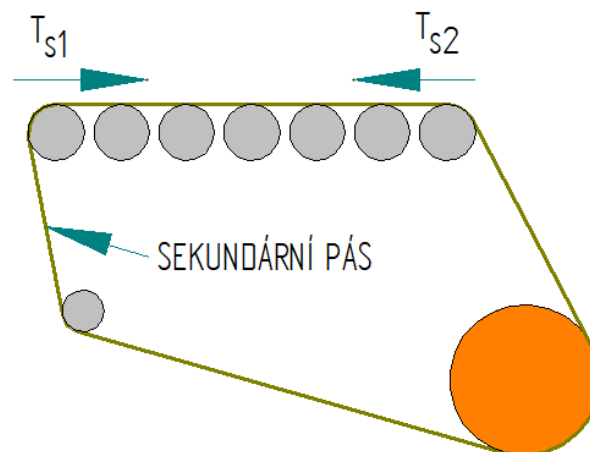


Obr. 25.: Průřez sekundární částí

2.2.1 Vstupní hodnoty

Šířka sekundárního pásu	$H_{sp} = 250 \text{ mm}$
Rychlost sekundárního pásu	$v_s = 20 \text{ m/min}$

2.2.2 Tažná síla



Obr. 26.: Tahové síly na páse

Zatěžující hmotnost sekundárního pásu m_{zs} volím 10 kg. Vycházím se součtu hmotností dopravovaných balíků na pásu, zanedbatelné hmotnosti textilního pásu a hmotnosti modulárního pásu přitlačovaného na textilní pás.

Součinitel tření mezi válečky a pásem $\zeta = 0,15$

Součinitel tření mezi bubnem a pásem $\mu = 0,3$

Úhel opásání bubnu $\alpha = 120^\circ$

Celková tažná síla od maximálního zatížení sekundárního pásu

$$T_s = m_{zs}g \zeta = 10 \cdot 9,81 \cdot 0,15 = 14,72 \text{ N} \quad (9)$$

$$T_s = T_{s1} - T_{s2} \quad (10)$$

$$\frac{T_{s1}}{T_{s2}} = e^{\mu\alpha} \quad (11)$$

$$T_{s2} = \frac{T_s}{e^{\mu\alpha} - 1} = \frac{14,72}{e^{0,3 \cdot 2\pi/3} - 1} = 16,83 \text{ N} \quad (12)$$

$$T_{s1} = T_{s2} e^{\mu\alpha} = 16,83 \cdot e^{0,3 \cdot \frac{2\pi}{3}} = 43,19 \text{ N} \quad (13)$$

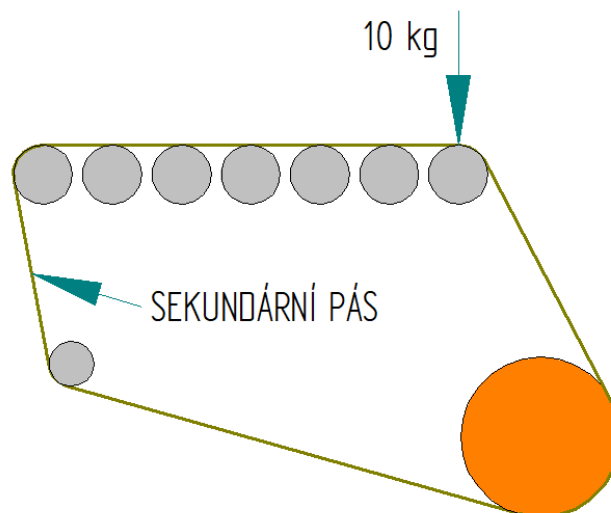
Tažná síla ve směru 1 vyšla vyšší. Po odečtení sil v jednotlivých směrech mi vyšla výsledná tažná síla 14,72 N.

2.2.3 Krouticí moment hnacího bubnu

$$M_s = T_s \frac{D_s}{2} = 14,72 \cdot \frac{0,050}{2} = 0,37 \text{ Nm} \quad (14)$$

2.2.4 Výpočet předepnutí pásu

Vycházím z teoretického stavu, kdy je maximální zatížení 10 kg na ose krajního válečku.



Obr. 27.: Maximální zatížení v krajním bodě

Síla na protáhnutí pásu o 1 % $F_{1\%} = 6 \text{ N/mm}$

Síla na protáhnutí pásu o 1 % v celé jeho šířce

$$F_{\xi} = F_{1\%} H_{sp} = 6 * 250 = 1500 \text{ N} \quad (15)$$

Délka prodloužení při pracovním zatížení v horní větvi

$$x = \frac{L_{sp1}}{100} \frac{T_{s1}}{F_{\xi}} = \frac{300}{100} * \frac{43,19}{1500} = 0,086 \text{ mm} \quad (16)$$

Délka prodloužení od předpětí v celém pásu

$$x_p = \frac{L_{sp}}{100} \frac{T_{s2}}{F_{\xi}} = \frac{820}{100} * \frac{16,82}{1500} = 0,092 \text{ mm} \quad (17)$$

Při prodloužení pásu dojde ke snížení síly T_{s2} . Je nutno přepočítat předepínací sílu, aby byla větší než minimální předepnutí. Počítám ji pro pás v celé délce.

$$T_{sp} = \frac{x * 100 * F_{\xi}}{L_{sp}} = \frac{0,092 * 100 * 1500}{820} = 21,59 \text{ N} \quad (18)$$

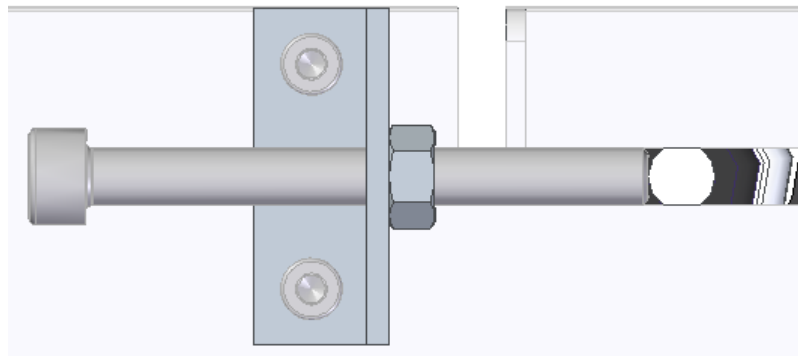
$$T_{k2} = T_{sp} + T_{s2} = 21,59 + 16,82 = 38,42 \text{ N} \quad (19)$$

$$T_{k1} = T_{k2} + T_{s1} = 38,42 + 43,19 = 81,61 \text{ N} \quad (20)$$

Při maximálním zatížení dopravníku je síla potřebná k předepnutí pásu 81,61 N.

2.2.5 Napínací zařízení

Napínání je provedeno šroubem, který tlačí na osu válečku. Šroub je namáhán na tlak.



Obr. 28.: Způsob napínání

Celková působící síla

$$T_{sv} = T_{k1} + T_{k2} = 120 \text{ N} \quad (21)$$

Minimální průměr šroubu při výpočtu na tlak

Volím třídu šroubů 8.8, $\sigma_{\xi do v} = 640 \text{ MPa}$

$$\sigma_{\xi do v} \geq \frac{T_{sv}}{S_{\xi}} = \frac{4T_{sv}}{\pi d_{3\xi}^2} \quad (22)$$

$$d_{3\xi} \geq \sqrt{\frac{4T_{sv}}{\pi \sigma_{\xi do v}}} = \sqrt{\frac{4 * 120}{\pi * 640}} = 0,49 \text{ mm} \quad (23)$$

Minimální průměr šroubu při výpočtu na vzpěr dle Eulera

Modul pružnosti materiálu $E_m = 2,1 \cdot 10^5$ MPa

$$T_{sv} = \frac{\pi^2 E_m I_x}{l_0^2} \quad (24)$$

$$I_x = \frac{\pi d_{3\check{s}}^4}{64} \quad (25)$$

$$\Rightarrow d_{3\check{s}} \geq \sqrt{\frac{64 T_{sv} l_0^2}{\pi^3 E_m}} = \sqrt{\frac{64 \cdot 120 \cdot 50^2}{\pi^3 \cdot 2,1 \cdot 10^5}} = 1,85 \text{ mm} \quad (26)$$

Volím šroub M5x0,5; $d_{3\check{s}} = 4,387$

Kontrola štíhlosti šroubů

Štíhlostní poměr pro šrouby $\lambda_m = 80$

Pracovní délku šroubu volím $l_{\check{s}} = 50 \text{ mm}$

Dle tabulek redukovaná pracovní délka šroubů $l_{0\check{s}} = 2 \cdot l_{\check{s}} = 100 \text{ mm}$

$$\lambda_s = \frac{l_0}{\sqrt{I_x / S_{\check{s}}}} \quad (27)$$

$$I_x = \frac{\pi d_{3\check{s}}^4}{64}, \quad S_{\check{s}} = \frac{\pi d_{3\check{s}}^2}{4} \quad (28)$$

$$\Rightarrow \lambda_s = \frac{4l_0}{d_{3\check{s}}} = \frac{4 \cdot 100}{4,387} = 91,18 \geq \lambda_m \quad (29)$$

Vyhovuje.

2.2.6 Volba pásu

Volím pás 1M6 U0-V3 A N

Parametry pásu

Materiál	PVC
Barva	Černá
Tloušťka	0,8 mm
Hmotnost	0,8 kg/m ²
Minimální průměr válců	20 mm
Tah pro 1% prodloužení	6 N/mm
Teplotní odolnost	-10 ÷ 60 °C

2.2.7 Volba podepření pásu

Sekundární pás je možné podepřít deskou. Z důvodu nižšího tření a nižšího opotřebení pásu jsem se rozhodl pás podložit válečky. Všechny koupené hnané válečky o průměru 20 mm jsou opatřeny ložisky pro snadné otáčení. Jsou rozmístěny s roztečí 25,4 mm tak, aby přesně odpovídaly roztečím kuliček modulárního pásu.

2.2.8 Volba válečků po stranách

Válečky po stranách sekundární části, mimo textilní a modulární pás, mohou mít mezi sebou větší rozteč. Jelikož rozteč nemusí odpovídat kuličkám modulárního pásu. Volím rozteč 50 mm a válečky CR 3500 od firmy Interroll s průměrem 30 mm. Jsou opatřeny ložisky pro otáčení a na jedné straně mají řetězové kolo pro řetězový pohon.



Obr. 29.: Váleček CR3500 od firmy Interroll [11]

2.2.9 Elektromotor a převodovka

$$n_s = \frac{v_s}{\pi D_s} = \frac{20}{\pi * 0,050} \cong 127 \text{ min}^{-1} \quad (30)$$

$$P_s = \frac{M_s \omega}{\eta_m} = M * 2\pi * \frac{n_s}{60} * \frac{1}{\eta_m} = 0,37 * 2\pi * \frac{127}{60} * \frac{1}{0,9} = 5,44 \text{ W} \quad (31)$$

Volím hnací válec Interroll EC 500 s integrovaným pohonem.

Výkon	0,02 kW
Průměr	50 mm
Maximální rychlost	0,6 m/s
Minimální rychlost	0,03 m/s
Točivý moment	0,85 Nm

2.2.10 Porovnání rychlosti pásu s rychlostí na válečcích

Z obr. 24. je vidět způsob pohonu sekundárního pásu i válečků hnaných řetězem. Produkt se pohybuje po modulárním páse, jehož kuličky jsou přitlačovány na sekundární pás. V tu chvíli je rychlost pásu i produktu 20 m/min. Válečky poháněné řetězem jsou ale na jiných průměrech, a tedy jejich rychlost bude odlišná. Jde o to, aby u rychlosti produktu nedocházelo k abnormálním skokům v rychlosti pohybu. Rozdíl těchto pohybů zjistím výpočtem přes obvodové rychlosti, otáčky hnacího válce a válečků s řetězovým kolem.

Průměr hnacího válce	$D_s = 50 \text{ mm}$
Průměr roztečné kružnice řetězového kola na hnacím válci	$D_{\check{r}s} = 57,34 \text{ mm}$
Průměr válečku	$d_v = 30 \text{ mm}$
Průměr roztečné kružnice řetězového kola na válečku	$d_{\check{r}v} = 34,34 \text{ mm}$

$$O_{\check{r}s} = \pi D_{\check{r}s} = 180,14 \text{ mm} \quad (32)$$

$$v_{\check{r}s} = \frac{n_s \cdot O_{\check{r}s}}{1000} = 22,936 \text{ m/min} \quad (33)$$

$$O_{\check{r}v} = \pi d_{\check{r}v} = 107,88 \text{ mm} \quad (34)$$

$$n_v = \frac{v_{\check{r}s} \cdot 1000}{O_{\check{r}v}} = 212,602 \text{ min}^{-1} \quad (35)$$

$$O_v = \pi d_v = 94,25 \text{ mm} \quad (36)$$

$$v_v = \frac{n_v \cdot O_v}{1000} = 20,037 \text{ m/min} \quad (37)$$

$$v_{\%} = \frac{v_v}{\frac{v_s}{100}} - 100 = 0,186 \% \quad (38)$$

Rozdíl v rychlostech produktu při pohybu na modulárním páse v sekundární části a rychlosti na postranních válečcích je 0,186 %, což je přijatelné.

Interroll dále nabízí válečky s průměry 40 mm více. Pro kontrolu vypočítám rozdíl rychlostí pro tento váleček a zjistím jeho vhodnost pro dopravník.

Průměr hnacího válce	$D_s = 50 \text{ mm}$
Průměr roztečné kružnice řetězového kola na hnacím válci	$D_{\check{r}s} = 57,34 \text{ mm}$
Průměr válečku	$d_v = 40 \text{ mm}$
Průměr roztečné kružnice řetězového kola na válečku	$d_{\check{r}v} = 45,26 \text{ mm}$

$$O_{\check{r}s} = \pi D_{\check{r}s} = 180,14 \text{ mm} \quad (39)$$

$$v_{\check{r}s} = \frac{n_s \cdot O_{\check{r}s}}{1000} = 22,936 \text{ m/min} \quad (40)$$

$$O_{\check{r}v} = \pi d_{\check{r}v} = 180,14 \text{ mm} \quad (41)$$

$$n_v = \frac{v_{\check{r}s} \cdot 1000}{O_{\check{r}v}} = 161,307 \text{ min}^{-1} \quad (42)$$

$$O_v = \pi d_v = 125,66 \text{ mm} \quad (43)$$

$$v_v = \frac{n_v \cdot O_v}{1000} = 20,27 \text{ m/min} \quad (44)$$

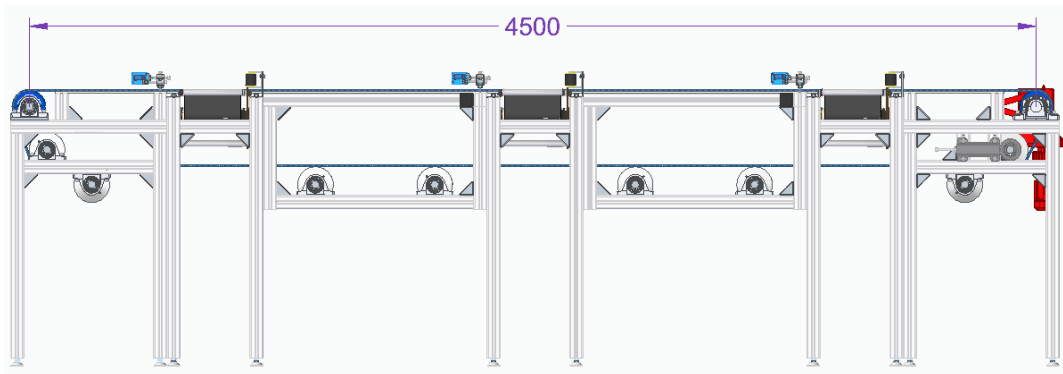
$$v_{\%} = \frac{v_v}{v_s} - 100 = 1,352 \text{ \%} \quad (45)$$

Rozdíl rychlostí je 1,352 %. Jedná se tedy o vyšší rozdíl než u válečku s průměrem 30 mm. Volím tedy váleček s nižším průměrem.

3. Popis konstrukčního řešení

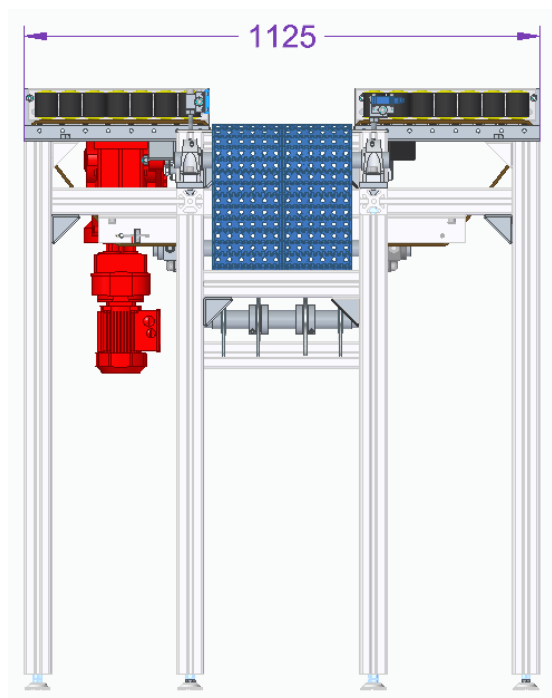
3.1 Sestava dopravníku

Provedl jsem konstrukční návrh modulárního pásového dopravníku. Třídící dopravník se dá lehce složit z jednotlivých částí. Vstupní, sekundární, přechodová i výstupní část jsou k sobě sešroubovány. Rám se skládá z lehké hliníkové konstrukce. Na konstrukci jsou namontovány veškeré komponenty. Dopravované balíky se pohybují po modulárním pásu, jehož osová vzdálenost je 4500 mm.



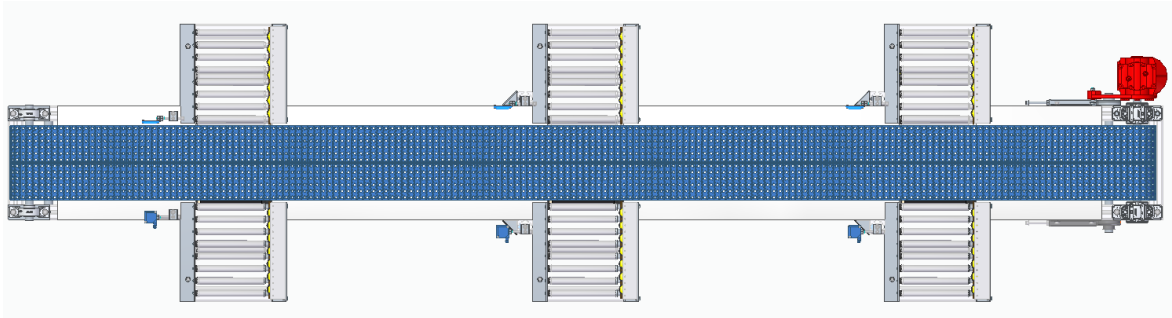
Obr. 30.: Dopravník z profilu

Šířka modulárního pásu je 305 mm, délka sekundární části a šířka celého dopravníku je 1125 mm.



Obr. 31.: Dopravník zepředu

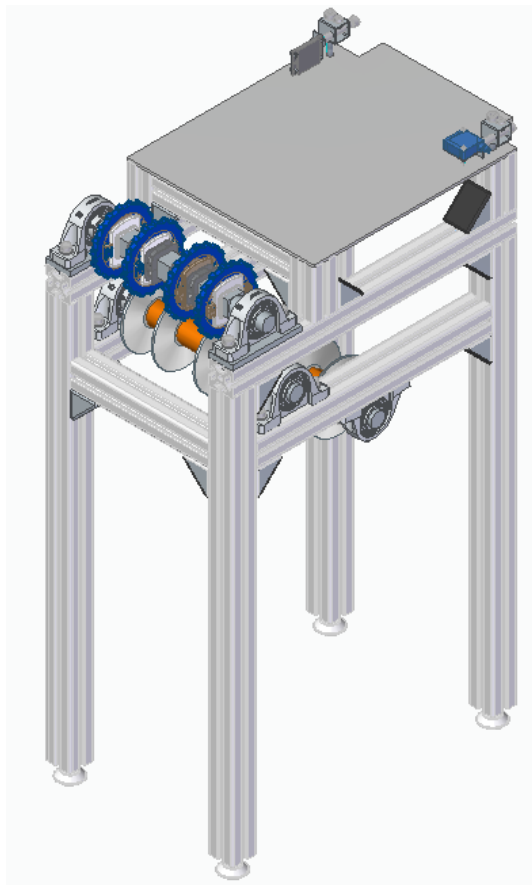
Na pohledu na dopravník shora je hezky vidět, že v sekundární části dopravníku dochází ke třídění balíků na různé strany. Balík se zde přesouvá z modulárního pásu na poháněné válečky.



Obr. 32.: Dopravník shora

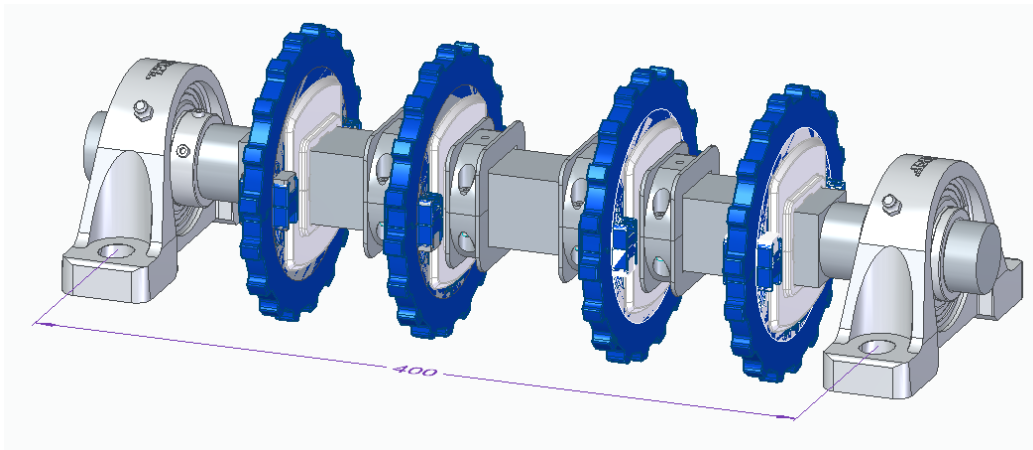
3.2 Vstup

Vstupní část se skládá z hliníkového rámu, který je osazen hlavním i podpěrným vedením modulárního kuličkového pásu. U přechodu k sekundární části je optický senzor.



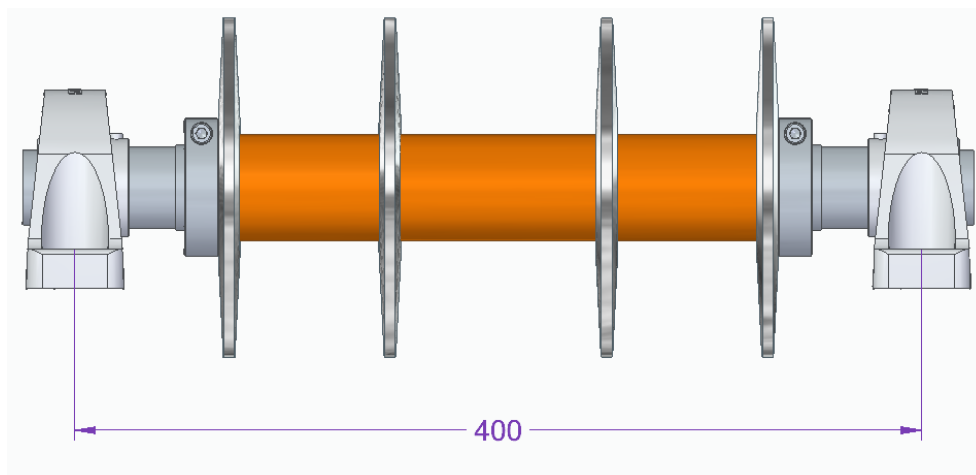
Obr. 33.: Vstupní část

Vratná ozubená kola jsou upevněna na hřídeli čtvercového profilu. Dvě prostřední kola jsou upevněna svěrnými kroužky firmy Ammeraal Beltech. Krajní ozubená kola jsou vedena pásem. Zuby zapadají do drážek v pásu mimo dráhu kuliček. Hřídel je uložena v jednořadých kuličkových ložiskách firmy SKF.



Obr. 34.: Ozubená kola vratné části

Disky podpírající pás v nezátížené části jsou řešeny podobně jako ozubená kola. Vnější disky jsou na straně směrem k ložiskům upevněny svěrnými kroužky. Mezi jednotlivými disky udržují potřebnou rozteč distanční trubky (na obr. 33. vyznačeny oranžově). Jednořadá kuličková ložiska jsou shodná s ložisky u ozubených kol. Kuličková ložiska jsou v ložiskových domcích, jejichž katalogové označení je SKF UCP 207.



Obr. 35.: Podpěrné disky

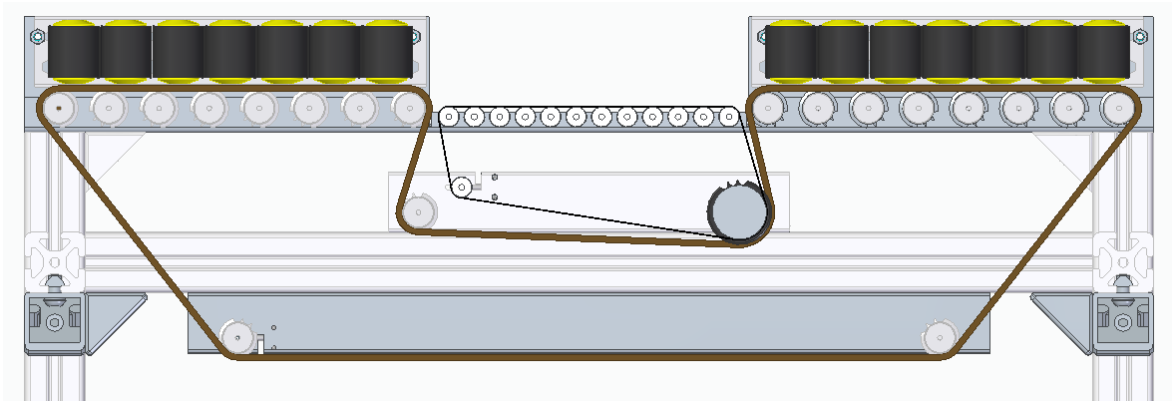
3.3 Sekundární část

Na hliníkový rám jsou ke hraněným plechům připevněny dva typy válečků. Válečky pod modulárním pásem jsou poháněny textilním pásem. Rozteč umístění těchto válečků přímo odpovídá rozteči kuliček na modulárním pásu. Textilní pás je poháněn spodním válcem od firmy Interroll s integrovaným pohonem 20 W. Rychlost otáčení válce je regulovatelná frekvenčním měničem. Válec s pohonem je zároveň opatřen řetězovým kolem. Řetěz pohání válečky po stranách modulárního pásu.



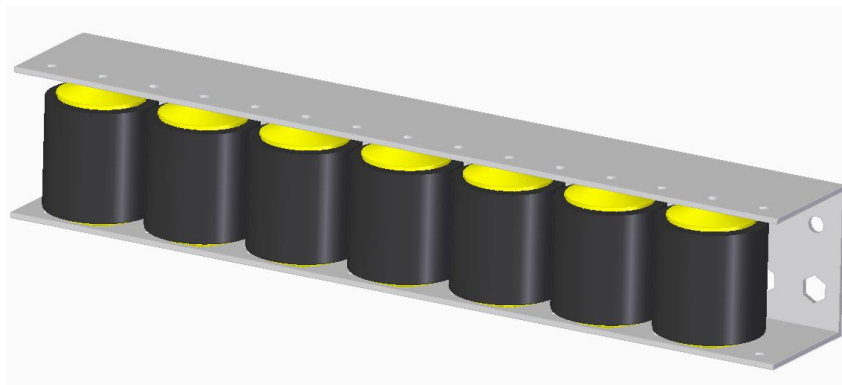
Obr. 36.: Sekundární část

Válečky poháněné řetězem po stranách dopravníku mají větší rozestup. Oproti válečkům pod modulárním pásem jsou vyvýšeny o tloušťku textilního a modulárního pásu tak, aby při přechodu balíků z modulárního pásu na válečky po stranách nedocházelo ke skoku, ale k rovnoměrnému přesunu.



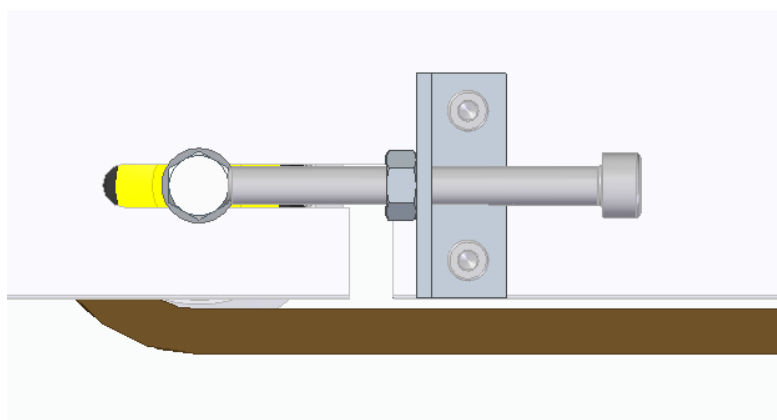
Obr. 37.: Řez sekundární částí

Vertikálně umístěné válečkové dráhy slouží k zajištění nevypadnutí balíku z dopravníku. Zároveň zajišťují, aby nedošlo ke kontaktu balíku s řetězem. Právě řetěz je válečkovou dráhou zakryt. Vybral jsem vertikální válečkovou dráhu od firmy Interroll. Průměr válečků je 30 mm.



Obr. 38.: Vertikální válečková dráha

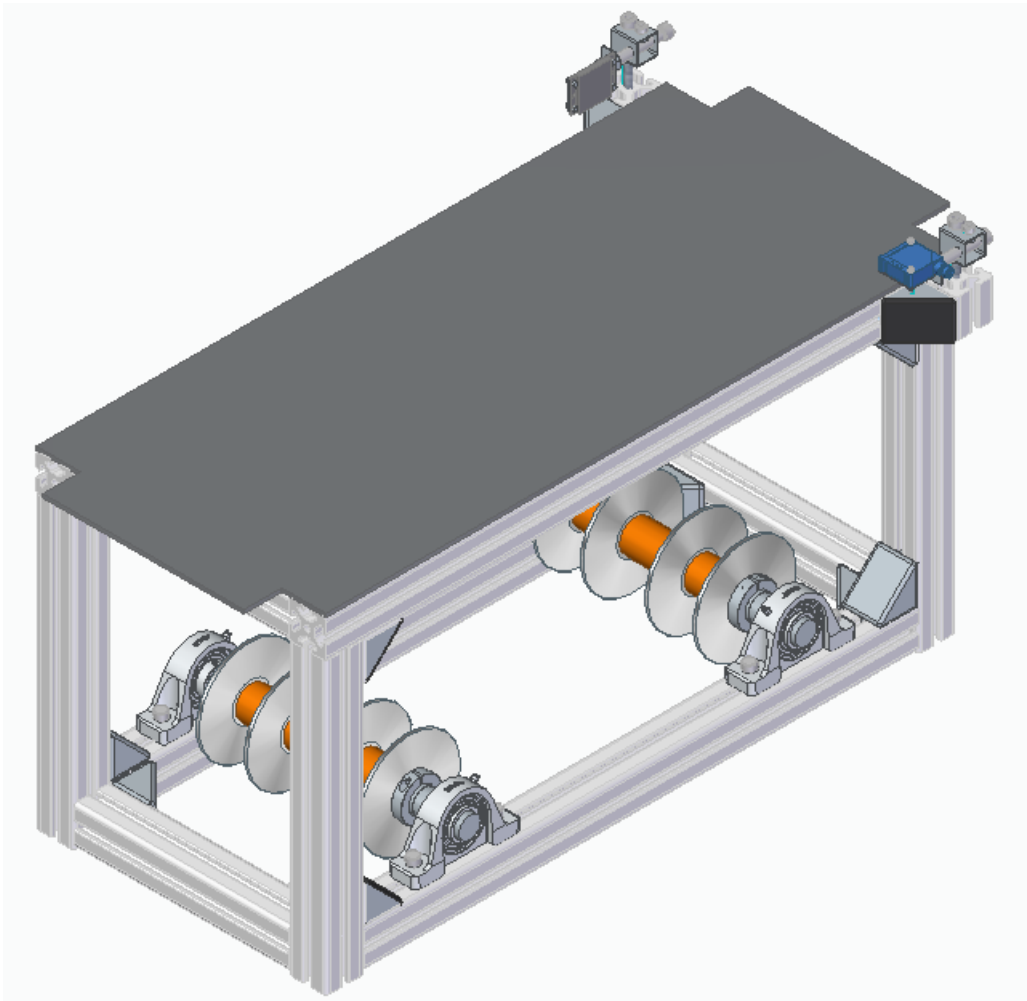
Napínání řetězu i textilního pásu je řešeno obdobně. Pnutí je vytvořeno šroubem M5, jež je přitlačován na váleček v posuvné dráze.



Obr. 39.: Napínání řetězu

3.4 Přejížděvací část

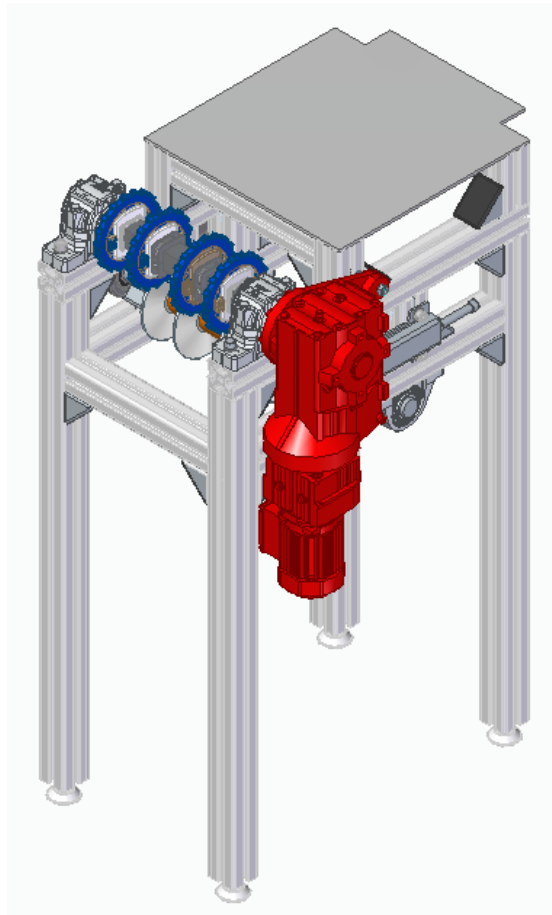
Oblast mezi sekundárními částmi je tvořena kluznou deskou, po které se pohybuje modulární kuličkový pás. Deska je na hliníkovém rámu, ke kterému jsou dále připevněny podpěrné disky nezátížené části modulárního pásu. Před další sekundární částí je vždy optický senzor. Přejížděvací část rámu jako jediná není samostatná a je celou svou vahou zavěšena na sekundárních částech.



Obr. 40.: Přejížděvací část

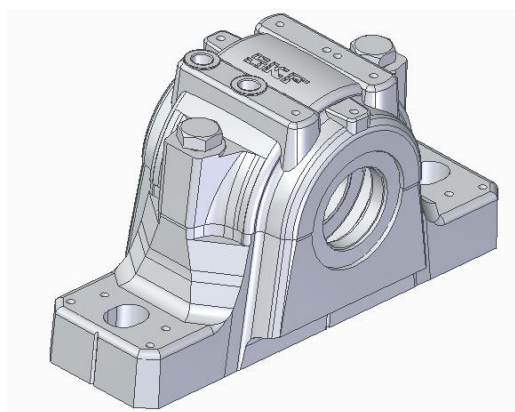
3.5 Výstup

Provedení výstupní části je velice podobné části vstupní. Na hřídeli s ozubenými koly je posazen motor od firmy SEW. Motor je připevněn pomocí ramene pro záchyt reakce k rámu. Na rámu výstupní části je zároveň umístěno napínání modulárního pásu.



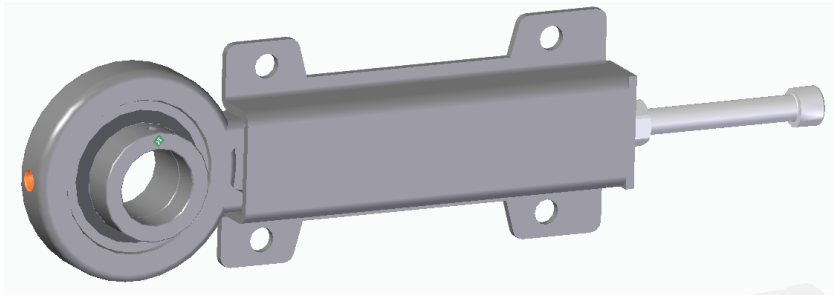
Obr. 41.: Výstupní část

Hřídel s ozubenými koly je uložena ve dvouřadých naklápěcích kuličkových ložiskách. Ložiska jsou uložena v domku od firmy SKF a celá sestava má katalogové označení SKF_SNL 508-607 + 1208 EKTN9 + H 208 + TSN 508 C + ASNH 508-607.



Obr. 42.: Dvouřadé naklápěcí ložisko [12]

Napínání Phuse 35-xl obsahuje kuličkové ložisko, do kterého je vložena hřídel s disky. Napínání je prováděno napínacím šroubem s vnitřním šestihranem.



Obr. 43.: Napínání Phuse 35-xl [25]

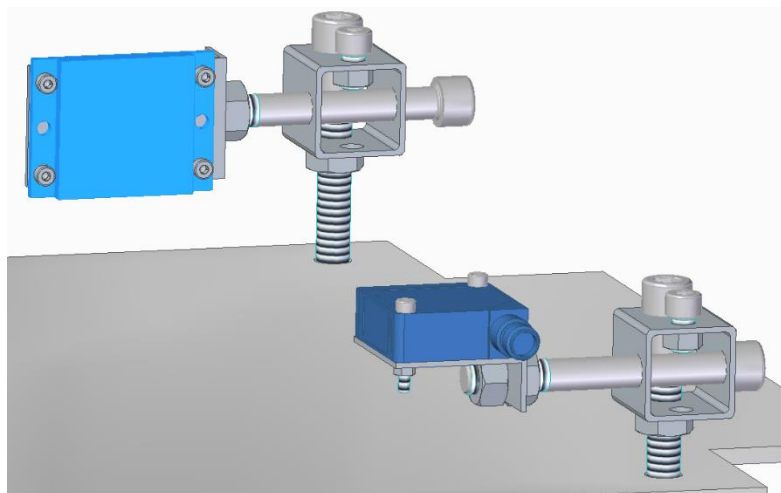
3.6 Optický senzor

Optický senzor snímá každý projetý balík, který projede optickým paprskem. Paprsek je vyslaný ze senzoru a odráží se od zrcátka na druhé straně dopravníkové dráhy.



Obr. 44.: Optický senzor [26]

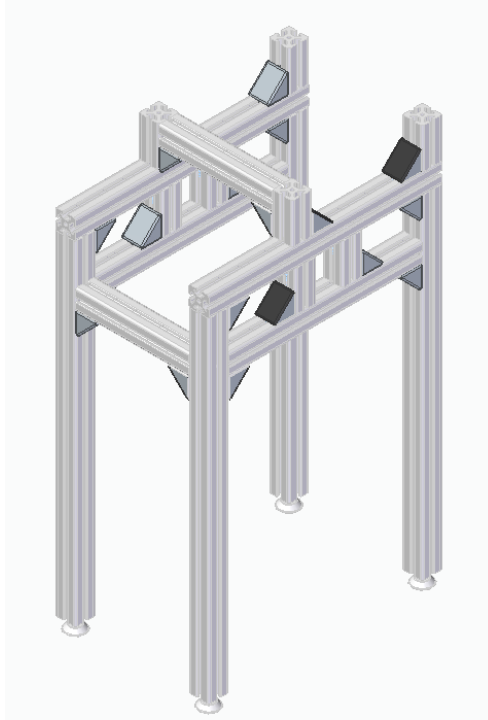
Paprsek senzoru je velice citlivý na přesnost jeho dopadu. Z tohoto důvodu je nutné vytvořit upevňovací konstrukci, která umožňuje variabilní nastavení polohy.



Obr. 45.: Sestava optického senzoru

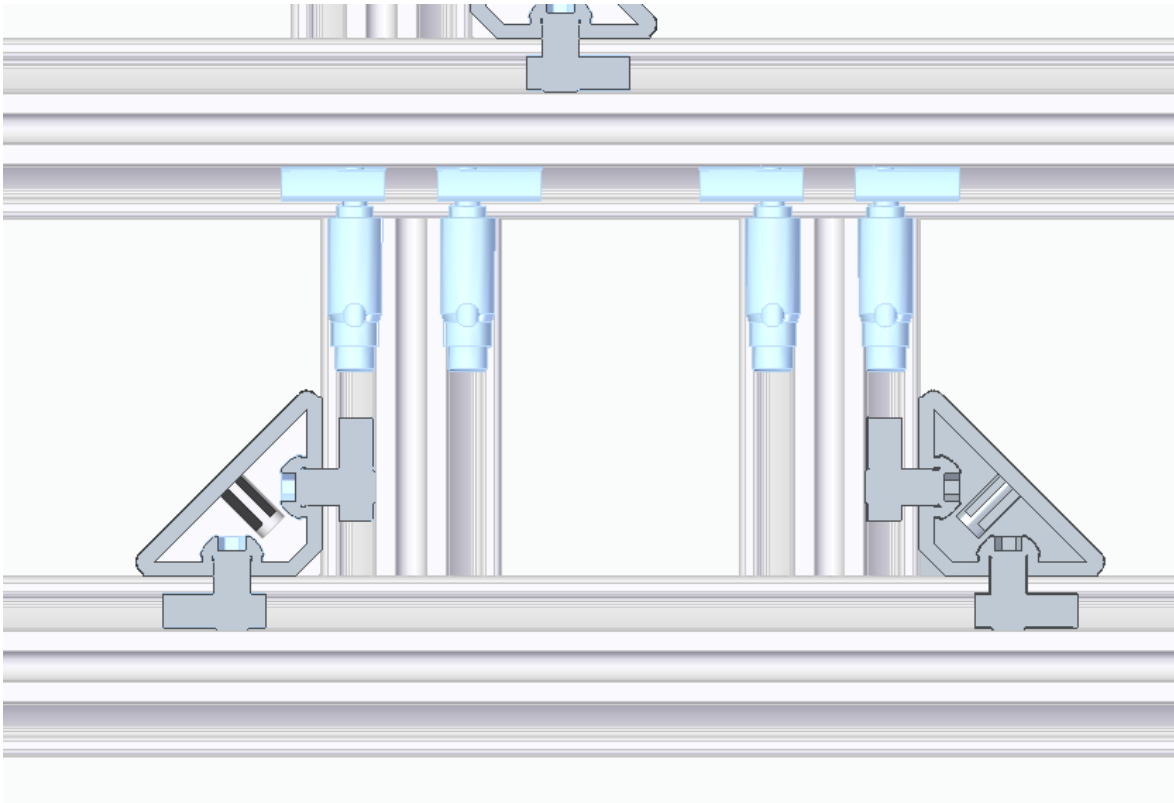
3.7 Rám

Na stavbu rámu jsem použil lehké hliníkové profily Haberhorn. Jedná se o konstrukci, kterou není potřeba svařovat. Je jednoduše smontovatelná. Výhodou těchto profilů je, že při objednávce u dodavatele se dá navolit jejich potřebná délka. Profily tak přijdou už nařezané dle požadavků. Zvolil jsem průřez profilu 60x60 mm.



Obr. 46.: Rám výstupní části

Jednotlivé profily pojí pravoúhlé spoje. Převážně se jedná o úhelníky s krytkou, kdy vždy jedna T-matice zapadne do drážky profilu. Někde jsem ale byl donucen použít kvůli nedostatku prostoru tzv. automatický pravoúhlý spoj. T-matice je pouze z jedné strany a z druhé se do ní šroubuje šroub zaseklý v drážce profilu.



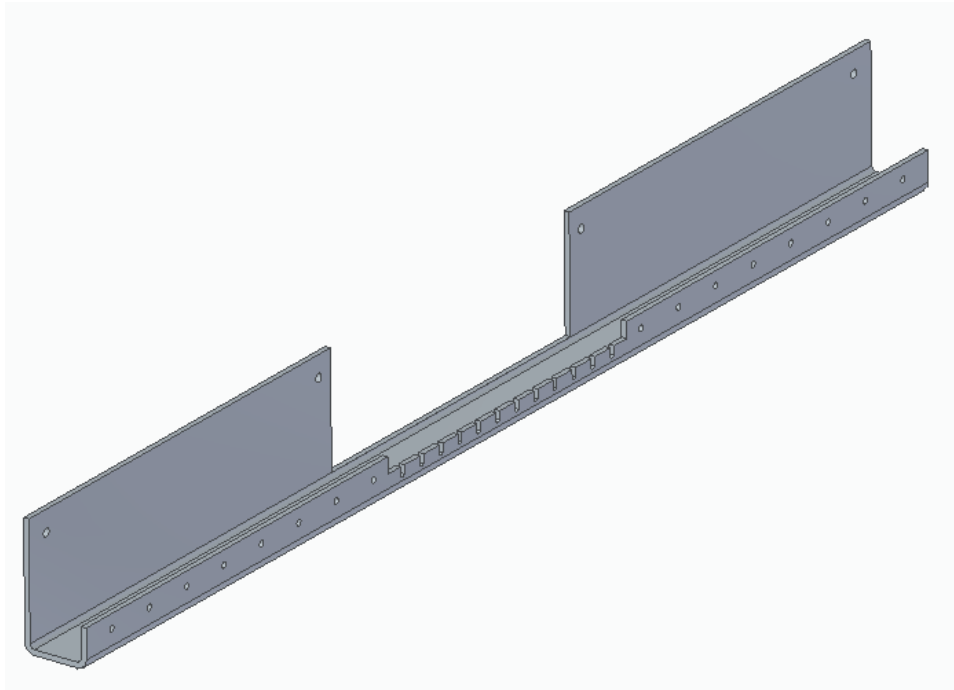
Obr. 47.: Provedení pravoúhlých spojů rámu

Celá konstrukce je ustanovena na stavěcích nožkách D60, M12x75. Jedná se o výškově nastavitelnou patku umožňující i naklápění pro vyrovnání nerovností. Nosnost patky je cca 500 kg.



Obr. 48.: Stavěcí nožka D60, M12x75 [19]

V sekundární části dopravníku (obr. 34) jsou na hliníkové profily našroubované hraněné plechy. Plechy drží válečky i válečkovou dráhu. Složitější z plechů má dva ohyby. Na následujících obrázcích je ukázka rozvinu a hraněného plechu.



Obr. 49.: Hraněný plech



Obr. 50.: Rozvin plechu

4. MKP analýza

4.1 Hnací hřídel

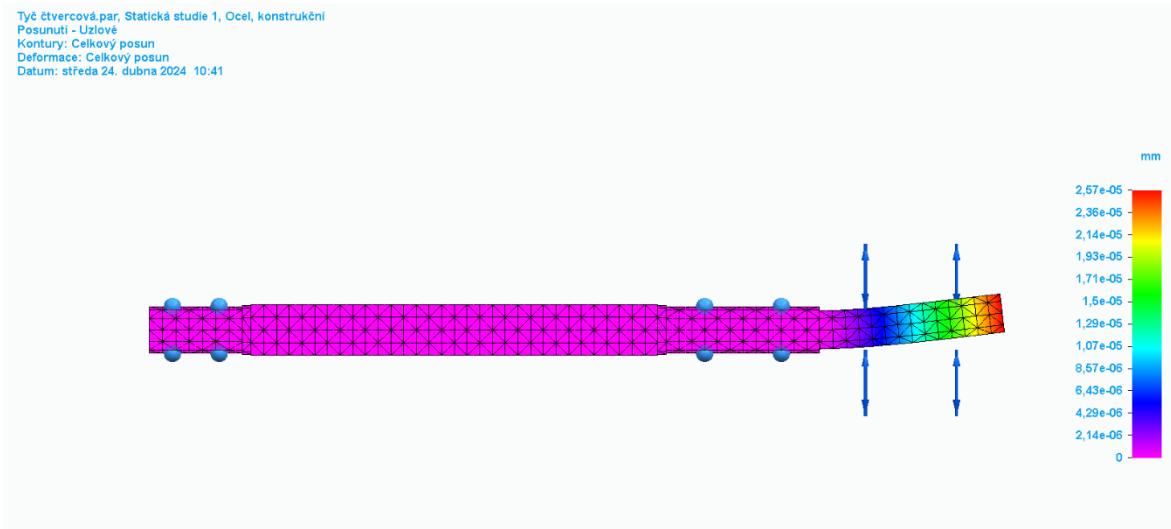
Z obr. 41 je vidět, že hnací hřídel je uložena ve dvou ložiskových domcích s dvouřadými naklápěcími kuličkovými ložisky. Na její čtvercový profil jsou nasazena ozubená kola, jež pohání modulární pás. Pro tuto analýzu jsem zatížení od pásu a ozubených kol zanedbal. Řeším zatížení od 26,8 kg vážícího motoru posazeného na konci hřídele. Motor je ale uchycen k rámu patkou. Osová vzdálenost mezi hřídelem a patkou je 167,7 mm. Kroutící moment motoru je 125 Nm. Gravitační zatížení od motoru a reakce od kroutícího momentu působí v tomto případě proti sobě. Hřídel je z konstrukční oceli 11500.

$$R_m = m_m g = 26,8 * 9,81 = 262,9 \text{ N} \quad (46)$$

$$M_{km} = R_y a \quad (47)$$

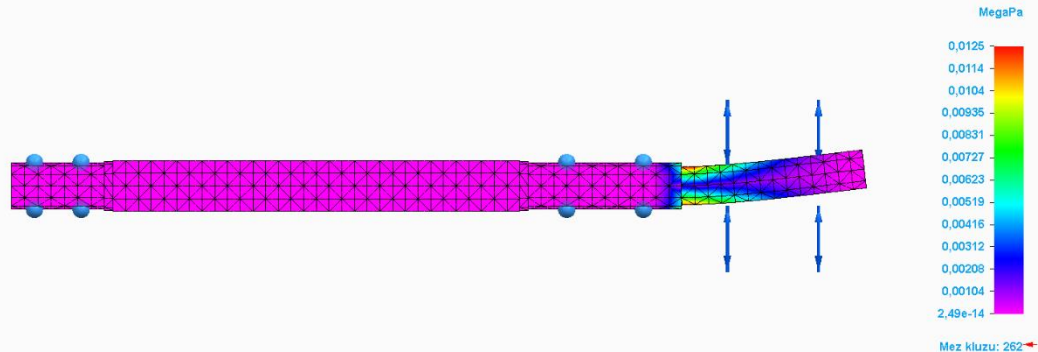
$$R_y = \frac{M_{km}}{a} = \frac{125}{0,1677} = 745,4 \text{ N} \quad (48)$$

$$R_v = R_y - R_m = 745,4 - 262,9 = 482,5 \text{ N} \quad (49)$$



Obr. 51.: Ohyb hřídele

Tyč čtvercová.par; Statická studie 1, Ocel, konstrukční
 Napětí - Elementové
 Kontury: Redukované napětí Von Mises
 Deformace: Celkový posun
 Datum: středa 24. dubna 2024 10:38



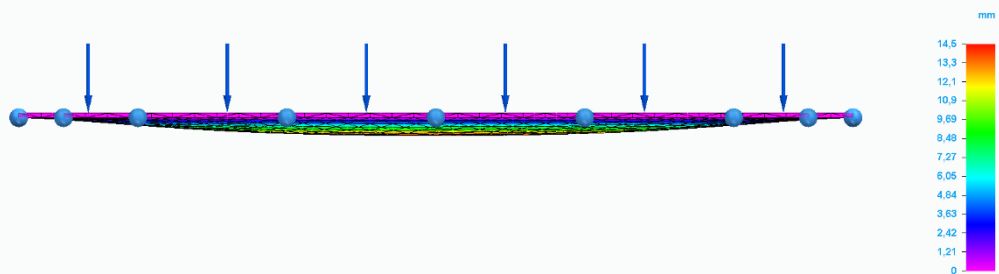
Obr. 52.: Napětí na hřídeli

Z výsledků analýzy je patrné, že k největšímu ohybu dojde na konci hřídele a to $2,57 \cdot 10^{-5}$ mm. K největšímu pnutí na hřídeli dojde hned na začátku zúžení hřídele z průměru pod ložisky. Zde je počátek ohybu hřídele a tedy i největší pnutí 0,0126 MPa. Výsledný ohyb a pnutí jsou zanedbatelné, analýza vyšla přívětivě.

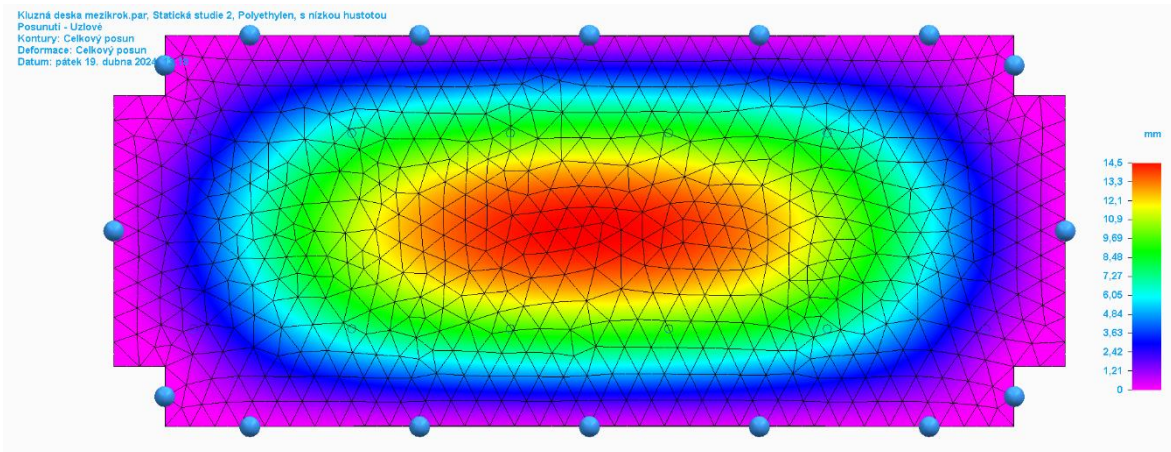
4.2 Kluzná deska přechodové části

Kluzná deska přechodové části je největší kluzná deska v celém dopravníku. S rozměry 460x1120 mm je její plocha $0,515 \text{ m}^2$. Při hustotě modulárního pásu a přičtení možné hmotnosti dopravujících produktů je její možné zatížení cca 10 kg. Při této analýze jsem ji tedy zatížil silou 98,1 N. Kluzná deska je z PEHD 1000.

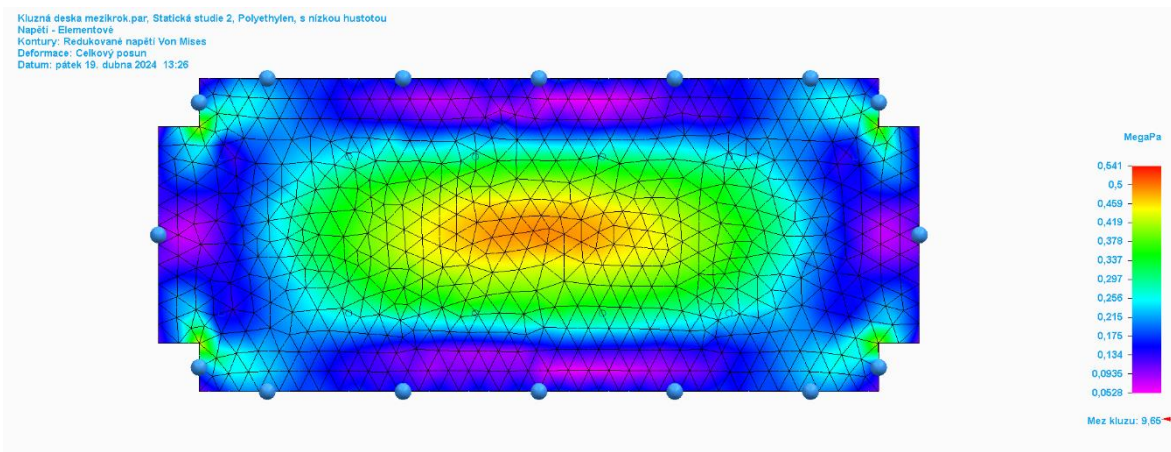
Kluzná deska mezikrok.par; Statická studie 2, Polyetylén, s nízkou hustotou
 Posunutí - Uzlové
 Kontury: Celkový posun
 Deformace: Celkový posun
 Datum: pátek 19. dubna 2024 13:16



Obr. 53.: Průhyb kluzné desky z profilu



Obr. 54.: Průhyb kluzné desky z nárysu

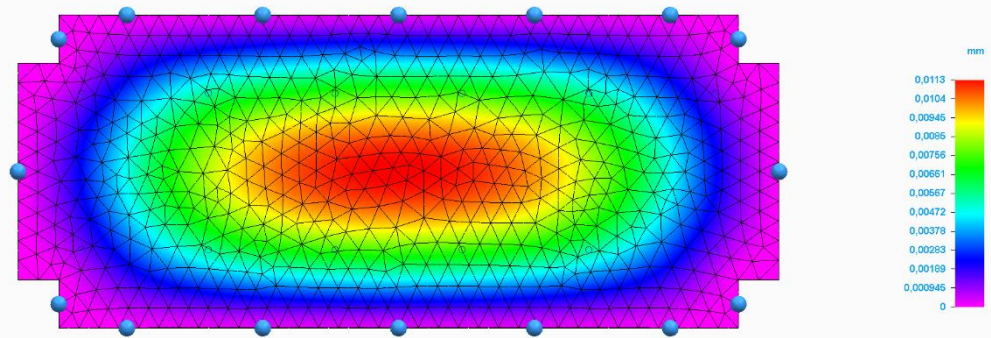


Obr. 55.: Napětí na kluzné desce

Z této studie vyšlo maximální napětí na desce 0,541 MPa a maximální průhyb 14,5 mm. Po desce se pohybuje pás, jehož kuličky se při kontaktu s deskou otáčejí. Pohyb produktu je díky obvodové rychlosti kuličky dvojnásobný. Tento předpoklad je ale naplněn, pokud u desky nedojde k průhybu. Tímto se jeví polyetylenová deska jako naprosto nevhodná.

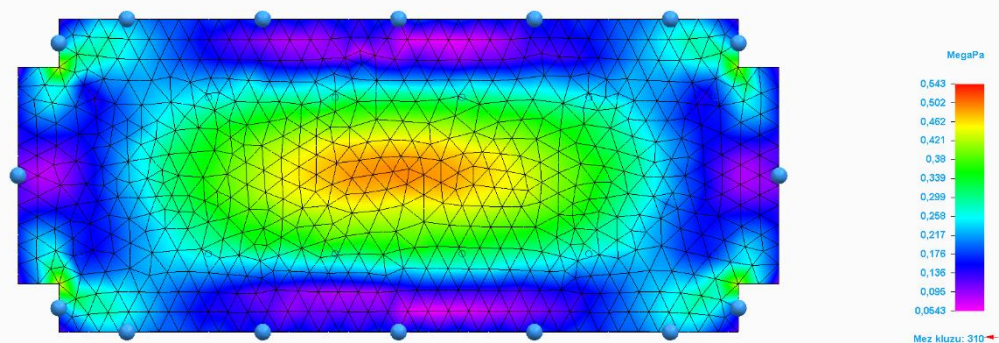
Pro další analýzu jsem při stejném zatížení zvolil kluznou desku z nerezové oceli. Deska z nerezové oceli má vyšší pevnost. Zároveň povrch nerezové oceli je hladký a kuličky by se zde neměly zadržávat.

Kluzná deska mezikrok.par; Statická studie 2, Nerezová ocel
 Posunutí - Uzlíkové
 Kontury: Celkový posun
 Deformace: Celkový posun
 Datum: pátek 19. dubna 2024 13:27



Obr. 56.: Průhyb nerezové kluzné desky

Kluzná deska mezikrok.par; Statická studie 2, Nerezová ocel
 Napětí - Elementové
 Kontury: Redukované napětí Von Mises
 Deformace: Celkový posun
 Datum: pátek 19. dubna 2024 13:28



Obr. 57.: Napětí na nerezové kluzné desce

Na nerezové kluzné desce dochází při stejném pnutí k maximálnímu průhybu 0,0113 mm. Průhyb je v tomto případě minimální a deska vyhovuje.

Závěr

Začátek mé práce je věnován teoretickému rozboru, konstrukčním možnostem a provedením pásových dopravníků.

V praktické části jsem navrhl konkrétní požadovaný stroj. Zabýval jsem se návrhem rychlostí na pásech tak, aby nedošlo ke kolizi dopravovaných produktů. V primární části jsem navrhl hnací vratnou osu a způsob podepření pásu. Navrhl a zkontroloval jsem životnost ložisek. V sekundární části počítám z tažné síly prodloužení pásu a potřebnou předepínací sílu. Po volbě pásu a válečků volím integrovaný pohon v jednom z válečků. Dále provádím porovnání rychlosti válečků hnaných pásem a řetězem. Modulární pás je podpírán kluznou deskou, ale v sekundární části, kde se kříží s textilním pásem, je podepřen válečky. Pro celý dopravník jsem zvolil lehce smontovatelný hliníkový rám.

Kapitola popis konstrukčního řešení už obsahuje mnoho obrázků s ukázkou výsledného modelu. Způsob řešení určitých konstrukčních uzlů.

V MKP analýze jsem podrobil analýze hřídel z konstrukční oceli a polyethylenovou kluznou desku. Vliv zatížení na hřídel se projevil jako minimální, ale průhyb desky byl velký. Zvolil jsem tedy materiál kluzné desky nerezovou ocel a výsledky již byly přivětivé.

Seznam použité literatury

- [1] Strojařská bible. (2022, September 18). Pásové dopravníky - Strojařská Bible. Strojařská Bible. <https://www.strojarskabible.cz/dopravni-zarizeni/pasove-dopravniky/>
- [2] Teorie transportních strojů 2, přednášky, autor Ing. Jiří Mrázek, Ph.D.; 2023
- [3] webstudionovetrendy.eu. (2014, November 16). Keramika pro bubny pásových dopravníků | DvB-AF s.r.o. - FLEXCO.CZ. DvB-AF s.r.o. - FLEXCO.CZ. <https://www.flexco.cz/produkty/flexco-spoje/keramika-pro-bubny-pasovych-dopravniku/>
- [4] Rollcontech s.r.o. (2021, October 18). Modulární pásy - Rollcontech. Rollcontech. <https://rollcontech.cz/modularni-pasy/>
- [5] Koncepce, vedení projektu, frontend - Jan Matějů, <https://www.janmateju.cz/>; programování, backend - Ondřej Zicha; redakční systém Colibri CMS. (n.d.). Dopravníkové válečky | TYMA CZ. TYMA CZ. <https://www.tyma.cz/produkty/ploche-remeny-a-pasy/dopravnikove-valecky/>
- [6] solidpixels., <https://www.solidpixels.com/>. (n.d.). Pásové dopravníky | ALUTEC KK s.r.o. ALUTEC KK. <https://www.aluteckk.cz/pasove-dopravniky>
- [7] Eline.Cz. (n.d.). Modulární dopravník se zatáčkou | DAS Frýdek Místek. <https://www.dasfm.cz/cz/produkty/dopravniky/modularni-dopravniky/modularni-dopravnik-se-zatackou/58.html>
- [8] Modulární pásové dopravníky - LOGSYS. (n.d.). https://www.logsys.cz/cs/xadmin/xcatalogue/default/product?url=modularni-pasove-dopravniky&id=9&Galleryimage_page=2
- [9] Řešení pásů – domovská stránka. (n.d.). <https://www.ammeraalbeltech.com/cs-cz/>
- [10] SRO, M. I. (n.d.). Polyetylenové desky PE1000, černé | Multiplast. https://www.multiplast.cz/eshop/polyetylenove-materialy-87/polyetylenove-desky-pe1000-cerne-1104?colorId=833&dimId=1823&dim2Id=8169&size%5Bid%5D=8169&size%5Bthic knessId%5D=1823&size%5Bwidth%5D=2000&size%5Bheight%5D=1000&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwz42xBhB9EiwA48pT73zQ_Cjg_defSqR1pXSwKIZNImlESGDtDWU7QTSRz95KnhCRr-pBZBoCo5QQ_AvD_BwE
- [11] Interroll Group. (n.d.). <https://www.interroll.com/>
- [12] SKF. (n.d.). <https://www.skf.com/id>
- [13] RS. (n.d.). Průmyslová řešení a elektrické komponenty | RS. <https://cz.rs-online.com/web/>

- [14] SRO, C. P. (n.d.). Specifikace transportních a dopravních pásů. <https://www.reko-sro.cz/specifikace-transportnich-a-dopravnich-pasu.htm>
- [15] DRAŽAN, František a Ladislav KUPKA. Transportní zařízení. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966. Řada strojírenské literatury.
- [16] DRAŽAN, František. Teorie a stavba dopravníků. Praha: Ediční středisko Českého vysokého učení technického, 1983
- [17] DRAŽAN, František a Karel JERÁBEK. Manipulace s materiálem. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1979. Česká matice technická.
- [18] CVEKL, Zdeněk a František DRAŽAN. Teoretické základy transportních zařízení. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1976. Řada strojírenské literatury.
- [19] Item Industrietechnik GmbH. (2024, March 7). <https://cz.item24.com/cs/>
- [20] Strojnické tabulky 1 pro školu a praxi, J. Řasa, J. Švercl, Scientia, spol. s.r.o., pedagogické nakladatelství, Praha 2004
- [21] Superior Performance in all Directions - EP Portal. (n.d.). <https://eptool.online/articles/superior-performance-in-all-directions-4nKQ>
- [22] Sew-Eurodrive. (n.d.). Vítejte ve společnosti SEW-EURODRIVE! <https://www.sew-eurodrive.cz/domu.html>
- [23] RollVen: What's rolling today. (n.d.). <https://www.rollven.com/>
- [24] Themefisher. (n.d.). Poháněné a nepoháněné bubny pro efektivní pásové dopravníky | GTK Tupesy spol. s r.o. <https://www.gktupesy.cz/cz/bubny/hnaci/>
- [25] Schaeffler medias | Product catalogue & consulting platform. (n.d.). <https://medias.schaeffler.cz/cs/>
- [26] XUKOAKSAM12 TELEMECANIQUE SENSORS - Čidlo: fotoelektrické | Dosah: 0÷30m; NPN / PNP; DARK-ON,LIGHT-ON | TME Czech Republic s.r.o. - Elektronické součástky. (n.d.). <https://www.tme.eu/cz/details/xuk0aksam12/standardni-fotoelektricka-cidla/telemecanique-sensors/>
- [27] Válečkový dopravník s nůžkovým mechanismem Ameise®, nosnost 180 kg | Jungheinrich PROFISHOP. (n.d.). <https://www.jungheinrich-profishop.cz/Valeckovy-dopravnik-snuzkovym-mechanismem-Ameise-nosnost-180kg-39363-160927/>

Seznam obrázků

Obr. 1.: Schéma pásového dopravníku [1]	4
Obr. 2.: Buben s keramickým obložením [3]	4
Obr. 3.: Rovinný pásový dopravník s rámem z alutec profilů [6]	5
Obr. 4.: Váleček pro pohánění drážkovým řemenem [5]	6
Obr. 5.: Napínání pásu [2]	6
Obr. 6.: Průřez pásem [2]	7
Obr. 7.: Příklad provedení modulárního pásu [4].....	7
Obr. 8.: Modulární pás s kuličkami [9]	8
Obr. 9.: Primární a sekundární pás ve stejném směru [9]	8
Obr. 10.: Primární a sekundární pás pootočené o 90° [9]	8
Obr. 11.: Značení pásu [2]	9
Obr. 12.: Zatáčkový pásový dopravník [7]	10
Obr. 13.: Modulární pásový dopravník [8]	11
Obr. 14.: Schéma válečkového dopravníku [19]	12
Obr. 15.: Teleskopický válečkový dopravník [27]	13
Obr. 16.: Schéma dopravníku	17
Obr. 17.: Rychlosti na pásech	18
Obr. 18.: Vztah rychlosti pásu a rychlosti produktu [9]	18
Obr. 19.: Schéma pásu [9]	19
Obr. 20.: Podpora pásu var. A [9]	20
Obr. 21.: Podpora pásu var. B [9]	20
Obr. 22.: Schéma ozubeného kola [9]	20
Obr. 23.: Rozložení ozubených kol [9]	21
Obr. 24.: Podepření vratné strany [9]	22
Obr. 25.: Průřez sekundární částí	24
Obr. 26.: Tahové síly na páse	24
Obr. 27.: Maximální zatížení v krajním bodě	25
Obr. 28.: Způsob napínání	26

<i>Obr. 29.: Váleček CR3500 od firmy Interroll [11]</i>	28
<i>Obr. 30.: Dopravník z profilu</i>	31
<i>Obr. 31.: Dopravník zepředu</i>	31
<i>Obr. 32.: Dopravník shora</i>	32
<i>Obr. 33.: Vstupní část</i>	32
<i>Obr. 34.: Ozubená kola vratné části</i>	33
<i>Obr. 35.: Podpěrné disky</i>	33
<i>Obr. 36.: Sekundární část</i>	34
<i>Obr. 37.: Řez sekundární částí</i>	35
<i>Obr. 38.: Vertikální válečková dráha</i>	35
<i>Obr. 39.: Napínání řetězu</i>	35
<i>Obr. 40.: Přechodová část</i>	36
<i>Obr. 41.: Výstupní část</i>	37
<i>Obr. 42.: Dvouřadé naklápěcí ložisko [12]</i>	37
<i>Obr. 43.: Napínání Phuse 35-xl [25]</i>	38
<i>Obr. 44.: Optický senzor</i>	38
<i>Obr. 45.: Sestava optického senzoru</i>	38
<i>Obr. 46.: Rám výstupní části</i>	39
<i>Obr. 47.: Provedení pravoúhlých spojů rámu</i>	40
<i>Obr. 48.: Stavěcí nožka D60, M12x75 [19]</i>	40
<i>Obr. 49.: Hraněný plech</i>	41
<i>Obr. 50.: Rozvin plechu</i>	41
<i>Obr. 51.: Ohyb hřídele</i>	42
<i>Obr. 52.: Napětí na hřídeli</i>	43
<i>Obr. 53.: Průhyb kluzné desky z profilu</i>	43
<i>Obr. 54.: Průhyb kluzné desky z nárýsu</i>	44
<i>Obr. 55.: Napětí na kluzné desce</i>	44
<i>Obr. 56.: Průhyb nerezové kluzné desky</i>	45
<i>Obr. 57.: Napětí na nerezové kluzné desce</i>	45

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

L_d	[mm]	Délka dopravníku
L_{sp}	[mm]	Délka pásu v sekundární části
L_{sp1}	[mm]	Délka pásu v sekundární části v horní větvi
x	[mm]	Délka prodloužení při pracovním zatížení v horní větvi
x_p	[mm]	Délka prodloužení od předpětí v celém pásu
H_{pp}	[mm]	Šířka modulárního kuličkového pásu (primárního pásu)
H_{sp}	[mm]	Šířka sekundárního pásu
a	[mm]	Osová vzdálenost mezi hřídelí a uchycením patky motoru
m_p	[kg]	Váha jednoho ks zboží
m_m	[kg]	Hmotnost motoru
p_x	[mm]	Mezera mezi dopravovaným zbožím
v_p	[m/min]	Rychlost primárního pásu
v_s	[m/min]	Rychlost sekundárního pásu
$v_{\dot{s}}$	[m/min]	Obvodová rychlost roztečné kružnice řetězového kola na hnacím válci
v_v	[m/min]	Obvodová rychlost válečku
$v_{\%}$	[%]	Percentuální rozdíl rychlosti pohybu produktu na sekundárním páse a na válečcích
b_w	[kg/m ²]	Hustota pásu
T_p	[N]	Celková tažná síla od maximálního zatížení primárního pásu
T_s	[N]	Celková tažná síla od maximálního zatížení sekundárního pásu
T_{s1}	[N]	Tažná síla na sekundárním páse v jednom směru
T_{s2}	[N]	Tažná síla na sekundárním páse v druhém směru
T_{sp}	[N]	Tažná síla v sekundárním pásu
T_{k1}	[N]	Tažná síla nutná k předepnutí sekundárního pásu v jednom směru
T_{k2}	[N]	Tažná síla nutná k předepnutí sekundárního pásu v druhém směru
T_{sv}	[N]	Celková působící síla při napínání sekundárního pásu
$F_{1\%}$	[N/mm]	Síla na protáhnutí pásu o 1%
F_{ξ}	[N]	Síla na protáhnutí pásu v celé jeho šířce
R_y	[N]	Reakce od kroucího momentu na motoru
R_m	[N]	Gravitační síla od motoru
R_v	[N]	Výsledná reakce
m_{zp}	[kg]	Zatěžující hmotnost primárního pásu
m_{zs}	[kg]	Zatěžující hmotnost sekundárního pásu
f	[-]	Součinitel tření
g	[ms ⁻²]	Gravitační zrychlení
M_p	[Nm]	Kroucí moment hnacího bubnu primárního pásu
M_s	[Nm]	Kroucí moment hnacího bubnu sekundárního pásu
P_d	[mm]	Průměr hlavové kružnice kola
B_q	[mm]	Vnitřní rozměr kola
D_s	[mm]	Průměr hnacího bubnu na sekundárním páse
$D_{\dot{s}}$	[mm]	Průměr roztečné kružnice řetězového kola na hnacím válci
D_d	[mm]	Vnější průměr disků
d_d	[mm]	Vnitřní průměr disků
$d_{3\xi}$	[mm]	Průměr jádra šroubu



d_v	[mm]	Průměr válečku
$O_{\dot{r}_s}$	[mm]	Obvod roztečné kružnice řetězového kola na hnacím válci
$O_{\dot{r}_v}$	[mm]	Obvod roztečné kružnice řetězového kola na válečku
O_v	[mm]	Obvod válečku
$d_{\dot{r}_v}$	[mm]	Průměr roztečné kružnice řetězového kola na válečku
n_p	[min ⁻¹]	Otáčky hnacího bubnu primárního pásu
n_s	[min ⁻¹]	Otáčky na hnacím bubnu sekundárního pásu
n_v	[min ⁻¹]	Otáčky válečku
P_p	[W]	Výkon hnacího bubnu primárního pásu
P_s	[W]	Potřebný výkon na sekundárním páse
F_{ekv}	[N]	Ekvivalentní dynamické zatížení ložiska
F_r	[N]	Radiální složka zatížení
L_h	[h]	Trvanlivost ložiska
C	[N]	Dynamická únosnost ložiska
C_0	[N]	Statická únosnost ložiska
α_l	[°]	Úhel naklopení ložiska
m	[N]	Ekvivalentní dynamické zatížení ložiska
ζ	[-]	Součinitel tření mezi válečky a pásem
μ	[-]	Součinitel tření mezi bubnem a pásem
η_m	[-]	Účinnost motoru
α	[°]	Úhel opásání bubnu
$\sigma_{\dot{s}dov}$	[MPa]	Dovolené namáhání v šroubech
$S_{\dot{s}}$	[mm ²]	Plocha šroubu
E_m	[MPa]	Modul pružnosti materiálu
I_x	[mm ⁴]	Kvadratický moment v ohybu
$l_{\dot{s}}$	[mm]	Pracovní délka šroubu
$l_{o\dot{s}}$	[mm]	Redukovaná pracovní délka šroubu
λ_m	[-]	Štíhlostní poměr
λ_s	[-]	Štíhlost napínacích šroubů



Seznam příloh

Výkres sestavy dopravníku

Výkres sestavy sekundární části

Výrobní výkres hnací hřídele

Výrobní výkres hraněného plechu