



**FAKULTA
ŠTOJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

**Předávací dopravník plášťů svařených
plechovek**

**Transferring Conveyor for Welded Can
Bodies**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2021

Jakub HOVORKA

Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD ŠTOJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Vedoucí práce: Ing. Martin Dub, Ph.D.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hovorka** Jméno: **Jakub** Osobní číslo: **482596**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Předávací dopravník plášťů svařených plechovek

Název bakalářské práce anglicky:

Transferring Conveyor for Welded Can Bodies

Pokyny pro vypracování:

V rámci bakalářské práce zpracujte technickou dokumentaci předávacího dopravníku pro plášť plechovek. Navrhněte konstrukční řešení předávacího dopravníku, které nebude poškozovat lakovou protikorozi ochranu švu a též nedeformovat mechanicky kruhovitost pláště. Osnova:

- Rešerše problematiky dopravních zařízení používaných v dopravě technických a potravinářských obalů
 - Vytvoření koncepčních návrhů dopravníku
 - 3D CAD model předávacího dopravníku
 - Výkresová dokumentace dopravníku
 - Závěrečná zhodnocení
- Zadavatel tématu: STR Praha s.r.o.

Seznam doporučené literatury:

POLÁK, Jaromír. Dopravní a manipulační zařízení II. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2003.
BOLEK, Alfred a Josef KOCHMAN. Části strojů, Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989. Technický průvodce.
Katalogy výrobců, internetové zdroje

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Martin Dub, Ph.D., ústav konstruování a částí strojů FS

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

Datum zadání bakalářské práce: **12.04.2021** Termín odevzdání bakalářské práce: **31.07.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Martin Dub, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

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

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis otkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

_____ Datum převzetí zadání

_____ Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Předávací dopravník plášťů svařených plechovek“ vypracoval(a) samostatně pod vedením Ing. Martina Duba, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze

.....

Jakub Hovorka

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Martinu Dubovi, Ph.D. za odborný dohled, konzultace a cenné připomínky k vypracování mé práce. Taktéž patří velký dík pracovníkům STR Praha s.r.o. za poskytování odborných a velmi cenných rad k dané problematice a v neposlední řadě taktéž patří velký dík mým přátelům za psychickou podporu během vypracování této práce. Taktéž velmi děkuji své rodině, která mě vždy podrží a velmi mě motivuje k další práci a studiu.

Anotační list

Jméno autora: Jakub Hovorka
Název BP: Předávací dopravník plášťů svařených plechovek
Anglický název: Transferring Conveyor for Welded Can Bodies
Rok: 2021
Studijní program: B2342 Teoretický základ strojního inženýrství
Obor studia: 2301R000 Studijní program je bezoborový
Ústav: Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí BP: Ing. Martin Dub, Ph.D.
Bibliografické údaje: počet stran 49
počet obrázků 68
počet tabulek 10
počet příloh 5
Klíčová slova: Řemínkový dopravník, kruhový řemínek, plechovka, svařený plášť plechovky, předávací dopravník
Keywords: Rope conveyor, round band, can, welded can body, transferring conveyor

Anotace:

Cílem bakalářské práce je navrhnout předávací dopravník plášťů svařených plechovek. Práce je rozvržena do tří hlavních částí – teoretickou, návrhovou a výpočetní. Teoretická část se skládá z rešerše dopravních systémů používaných v dopravě obalů. Návrhová část se skládá z návrhu konstrukčního řešení dopravníku s užitím vícekritériálního rozhodování. Výpočetní část je zaměřena na dimenzování pohonů a kontrolu konstrukčních uzlů.

Abstract:

The purpose of this bachelor's thesis is to design transferring Conveyor for welded can bodies. The thesis is divided into three main parts – theory, draft, and calculations. Theoretical part contains recherche of transporting systems used for transporting packages. Draft part contains design variants of the conveyor, with multiple-criteria decision analysis. Calculations contains dimensioning of engines and control of construction nodes.

OBSAH

1. Úvod	2
1.1. Stanovení cílů bakalářské práce.....	4
1.1.1. Parametry výrobku a výkon svářecí linky	5
2. Informace o zadavateli práce	6
3. Rešerše	7
3.1. Dopravní zařízení	7
3.1.1. Rozdělení dopravních zařízení	8
3.1.2. Dopravníky s tažným prvkem používané v dopravě obalů.....	8
3.1.2.1. Pásové dopravníky	8
3.1.2.2. Modulární dopravníky	10
3.1.2.3. Řemenové dopravníky.....	11
3.1.2.3.1. Řemenové dopravníky v dopravě obalů.....	12
3.1.2.4. Destičkové dopravníky	13
3.1.2.5. Řetězové dopravníky	14
3.1.2.6. Korečkové dopravníky	16
3.1.3. Dopravníky bez tažného elementu používané v dopravě obalů.....	17
3.1.3.1. JET dopravníky	17
4. Výběr vhodných konstrukčních variant pro řešení zadaného problému	23
4.1. Úvaha možností dopravy.....	23
4.1.1. Unášení pláště pásovým dopravníkem	23
4.1.2. Unášení pláště dvěma kruhovými řemínky.....	24
4.1.3. Unášení pláště dvěma ozubenými řemeny	25
4.2. Úvaha konstrukce zdvihacího mechanismu pro plynulé dorovnávání výšky	26
4.2.1. Motorizované provedení	26
4.2.2. Pohybový šroub s ovládacím kolem	27
4.2.3. Automobilový nůžkový zvedák	28
4.3. Volba pohonu dopravníku	29
4.3.1. Pohonná sekce pod dopravníkem	29
4.3.2. Pohon koncové řemenice	30
4.4. Vícekriteriální rozhodování pro výběr konstrukční varianty	31
4.5. Vícekriteriální rozhodování pro typ zvedacího mechanismu	32
4.6. Vícekriteriální rozhodování pro typ pohonu	34
4.7. Shrnutí vícekriteriálního rozhodování	35
5. Výpočty a měření	36
5.1. Měření přítláčné normálové síly působící na plášť plechovky	36
5.1.1. Stavba přípravku:.....	36
5.1.2. Měření.....	39
5.2. Návrhové výpočty	40
5.2.1. Výpočet potřebné rychlosti k vytvoření požadované mezery	40
5.2.2. Výpočet potřebných výstupních otáček převodovky.....	40
5.2.3. Výpočet potřebného výkonu motoru	40
5.2.3.1. Počet plechovek na dopravníku	40

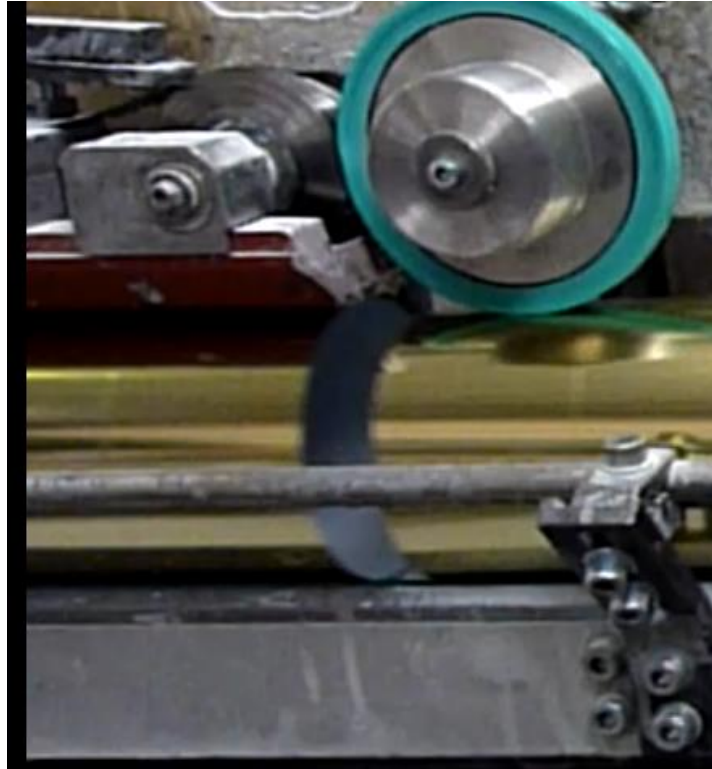
5.2.3.2. Třecí síla řemínků	40
5.2.3.3. Práce potřebná	40
5.2.3.4. Výkon motoru potřebný teoretický.....	41
5.2.3.5. Výkon motoru potřebný	41
5.3. Volba motoru	41
5.4. Kontrola zajišťovacího šroubu ve zdvihacím mechanismu dopravníku	42
5.4.1. Výpočet rychlosti elevátoru přebírajícího plášť z předávacího dopravníku:.....	43
6. Shrnutí a vizualizace předávacího dopravníku	44
7. Závěr.....	46
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A DALŠÍCH ZDROJŮ	47
SEZNAM OBRÁZKŮ	48
SEZNAM TABULEK.....	49
SEZNAM PŘÍLOH	49

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

Značka	Název	Jednotka
L	Délka měřené plechovky	[m]
F_p	Síla přitažná vykonaná magnety	[N]
σ	Směrodatná odchylka	[N]
$Var(x)$	Rozptyl	[N^2]
N	počet kusů plášťů	[$Ks \cdot min^{-1}$]
h	délka (výška) pláště	[m]
m	požadovaná mezera mezi plášti po urychlení	[m]
v_U	rychlost řemíků	[$m \cdot min^{-1}$]
n	Výstupní otáčky převodovky	[min^{-1}]
l_d	Vzdálenost mezi osami řemenic	[m]
f	Koeficient tření	[1]
$m_{\dot{x}}$	Hmotnost řemíku na vedení	[kg]
N_d	Počet plechovek na dopravníku	[ks]
F_t	Třecí síla	[N]
F_n	Normálová síla	[N]
F_g	Gravitační síla	[N]
g	Gravitační zrychlení	[$m \cdot s^{-2}$]
W	Práce potřebná	[J]
s	Překonávaná dráha	[m]
P_t	Výkon motoru potřebný teoretický	[W]
t	Čas potřebný pro přepravení jednoho pláště	[s]
η_L	Účinnost ložisek	[1]
η_p	Účinnost převodovky	[1]
$\eta_{\dot{x}}$	Účinnost řemenového převodu	[1]
k	Bezpečnost	[1]
P	Výkon motoru potřebný	[W]
F_0	Montážní předpětí spoje	[N]
M	Utahovací moment	[Nm]
σ_D	Dovolené napětí	[$N \cdot mm^{-2}$]
σ_{max}	Tahové napětí v jádře šroubu od osové síly	[$N \cdot mm^{-2}$]
σ_{red}	Výsledné redukované napětí v jádře šroubu	[$N \cdot mm^{-2}$]
k_n	Bezpečnost k mezi kluzu	[1]
PA	Polyamid	
PP	Polypropylen	
POM	Polyacetal	
PE	Polyetylen	

1. Úvod

Při výrobě třídílných ocelových plechovek skládajících se z pláště plechovky, dna a víka, se plášť plechovek vyrábí svařením skrouženého přístřihu z pocínovaného tenkého plechu. Při svařování, které se provádí odporovým bodovým způsobem, se v místě svaru metodou ztracené elektrody (měděný drát) odstraní ochranná vrstva cínu. Svařením se vytvoří tenká vrstvička okují čistého železa, která je náchylná ke korozi.



Obr. 1: Svařovací stroj a nanesení laku [Autor]

Proto se ihned za svářecím strojem na svar ve vnitřní straně nanese vrstva ochranného práškového laku a na vnější stranu vrstva transparentního tekutého laku. Obě vrstvy laku je nutno ihned ohřát na teplotu přibližně 150 °C, aby ve velmi krátké době došlo k jejich natavení a vytvrzení. K tomuto účelu slouží plynová sušící dráha, ve které se pláště pohybují ve vodorovné poloze pod sekčními plynovými hořáky. V této poloze jsou drženy magneticky na speciálním dopravníku, přičemž mezi jednotlivými plášti jsou mezery v jednotkách milimetrů.



Obr. 2: Sušící linka [Autor]

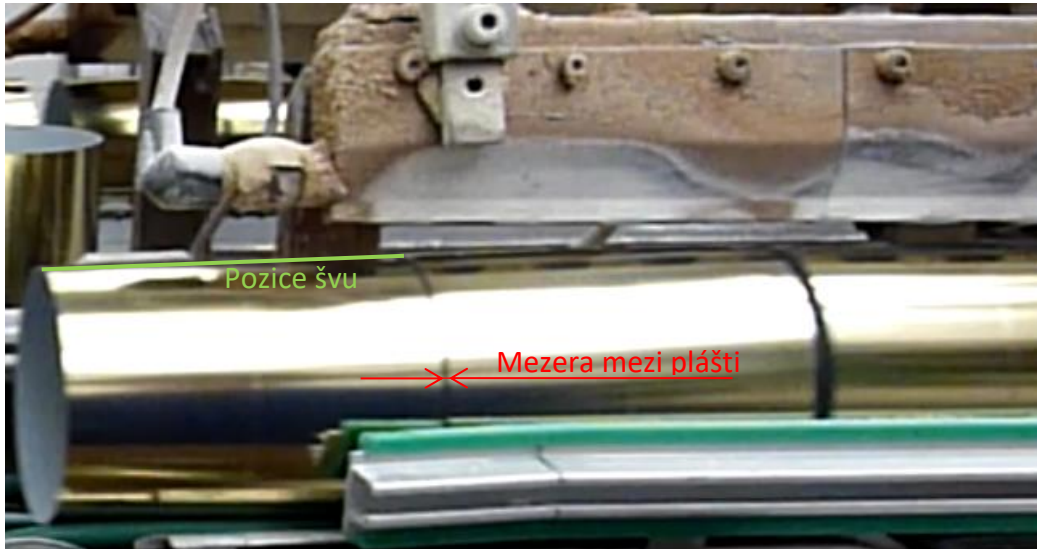
Na konci sušící dráhy musí být pláště převzaty a uvedeny do svislé polohy tak, aby se vnější lak na svařeném švu nepoškodil. Ve svislé poloze se pak musí pláště na dostatečně dlouhé dráze dochladiť na teplotu pod 30 °C před další technologickou operací.



Obr. 3: Příklad svislého pokračování linky [Autor]

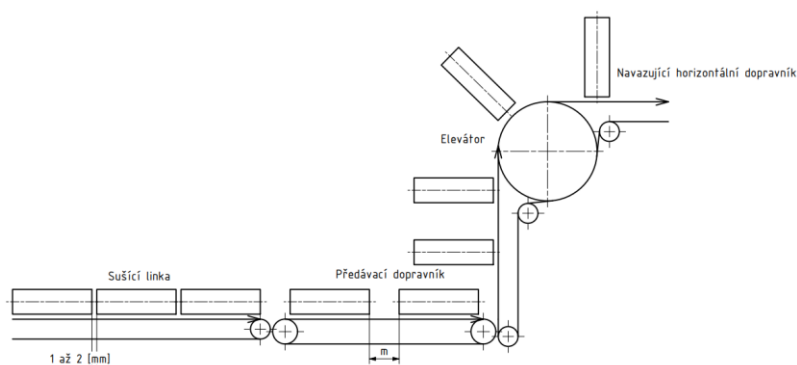
1.1. Stanovení cílů bakalářské práce

- Navrhnout převzetí pláště na výstupu ze sušící dráhy, kde byl držen magneticky za boční stranu s mezerou mezi pláští cca (1 až 2) mm, přičemž svařený šev se nachází v horní části pláště.



Obr. 4: Mezera mezi pláští na sušící lince + pozice svaru [Autor]

- Realizovat zvětšení mezery mezi pláští z (1 až 2) mm na hodnotu m , a to rozdílem rychlosti dopravy v sušící dráze a rychlosti předávacího dopravníku. Vycházet přitom z rychlostních a časových souvislostí daných výkonem svařecího stroje v ks/min a rychlosti pohybu v sušící dráze.
- Na konci dopravníku navrhnout předávání ležících plášťů z vodorovného předávacího (urychlovacího) dopravníku na svislý magnetický pasový elevátor. Předání musí být kontinuální, to znamená, že musí proběhnout v krátkém časovém úseku mezi dojetím dalšího pláště k bodu předání na elevátoru.



Obr. 5: Schématické znázornění dané úlohy [Autor]



Rozestup plášťů
na magnetickém
vertikálním
elevátoru

Obr. 6: Příklad rozložení plášťů s rozestupy [Autor]



- Navrhnout konstrukční řešení předávacího dopravníku, které nebude poškozovat lakovou protikorozní ochranu svarového švu. Uchopovací zařízení předávacího dopravníku nesmí rovněž mechanicky deformovat válcovitost pláště.

1.1.1. Parametry výrobku a výkon svářecí linky

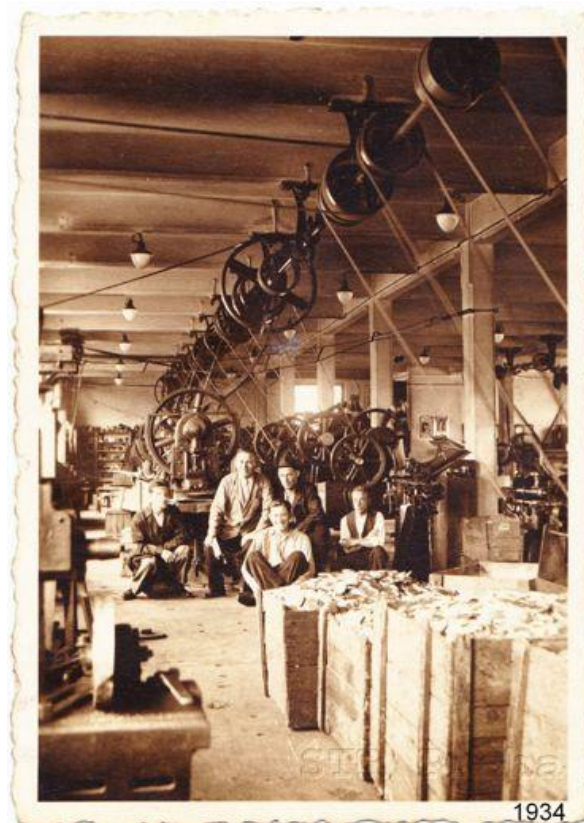
Plášť: průměr 99 mm, výška pláště (65 až 250) mm,

tloušťka plechu pláště $0,18 \pm 0,02$ mm,

Výkon linky: do 200 ks/min.

2. Informace o zadavateli práce

Společnost STR Praha s.r.o. je nástupcem po Středisku Technického Rozvoje podniku Strojbal, který v tehdejším Československu zajišťoval kompletní výrobu obalů na potraviny, technické náplně a další. Sídlo společnosti je v Praze 4 – Michli, kde pokračuje v vývoj a výroba strojů pro manipulaci s obaly, jelikož na stejném místě se v tomto oboru pracuje již od První republiky, kdy zde sídlila Paulusova továrna, jenž vyráběla plechovky. [1]



Obr. 7 : Výroba plechovek v Michli v roce 1934 [1]

Během téměř 30 let existence STR Praha se společnost přeorientovala na velmi úzce specifický okruh dopravních systémů a manipulátorů s komponenty ve výrobě obalů. Nyní jsou hlavními zákazníky STR Praha s.r.o. výrobci kovových obalů na potraviny, tabákové výrobky a různé další technické, ale i kosmetické náplně a taktéž výrobci celých linek na výrobu obalů, pro které firma dodává a zajišťuje dopravu mezi jednotlivými stroji výrobní linky postupně vyrábějícími obal. Nově se také do produktového portfolia firmy dostávají i JET dopravníky na plastové a papírové obaly (například na zmrzlinu).

Zároveň společnost taktéž vyrábí i válečkové tratě (poháněné i nepoháněné) pro dopravu kusových výrobků či balíků plechu obvykle s nosností do 3,5 [t] a různé dopravníky pro dopravu přístřihů či tabulí plechu do nůzek či lisu. [1]



Obr. 8: Doprava různých druhů plechovek na magnetickém pásovém dopravníku [1]



Obr. 9: Doprava a manipulace se dny a víky [1]

3. Rešerše

3.1. Dopravní zařízení

Dopravním zařízením je myšleno dle normy ČSN 20 0001 zařízení, které je určené k vodorovnému, úklonnému a svislému přemísťování nákladu, který je na zařízení přiveden ručně, nebo jiným mechanismem. Při přemísťování tohoto nákladu se obvykle nemění jeho fyzikální vlastnosti a struktura. Podstatná část dopravního zařízení se nepohybuje a je v klidu – tuto nazýváme rám. Pohybuje se pouze náklad a část zařízení – unášecí prostředek. Unášecím prostředkem přenášíme zatížení od nákladu do tažné konstrukce. Tažným prostředkem v dopravním zařízení je myšlena část předávající energii z pohonu na unášecí prostředek, kdy u většiny dopravníků je unášecí prostředek zároveň prostředkem tažným. [2]

Pro dopravní zařízení můžeme použít mnoho rozdělení, například dle konstrukčního uspořádání, dle unášecího prostředku atd. Dopravní zařízení pracují plynule, a to buď s plynulým tokem materiálu (pro sypké materiály), nebo dodávají pravidelné dávky (pro sypký i kusový přepravovaný náklad). [2]

3.2. Rozdělení dopravních zařízení

- Dopravníky
 - S tažným prvkem
 - Pásové dopravníky
 - Vakuové
 - Magnetické
 - Modulární dopravníky
 - Lanové dopravníky
 - Řemenové dopravníky
 - Destičkové dopravníky
 - Lano-pásové dopravníky
 - Řetězové dopravníky
 - Korečkové elevátory
 - Podvěsné dopravníky
 - Bez tažného prvku
 - Šnekové dopravníky
 - Vibrační dopravníky
 - JET dopravníky
- Dopravní tratě
 - Poháněné
 - Nepoháněné
- Doprava vlastní tíhou
 - Skluzy přímé
 - Skluzy šroubovicové
- Doprava v potrubí
 - Hydraulická
 - Pneumatická

V mém případě budu používat dopravníky. [1], [2]

3.2.1. Dopravníky s tažným prvkem používané v dopravě obalů

3.2.1.1. Pásové dopravníky

U pásového dopravníku je unášecím prostředkem nekonečný dopravní pás obíhající mezi poháněcím a vratným bubnem, nebo mezi řemenicemi. Dopravník je mimo tyto dva prvky doplněn taktéž dalšími konstrukčními prvky potřebnými pro provoz dopravníku. Je určen pro přímočarou a úklonnou dopravu sypkých materiálů na krátké, střední i dlouhé vzdálenosti. Za určitých okolností je možná taktéž i doprava kusových materiálů a osob.

Výhoda pásových dopravníků je plynulá doprava s velkým dopravním výkonem, bezhlučný chod, bezpečný a spolehlivý provoz a vhodnost pro přepravu prakticky všech sypkých materiálů.

Nevýhodou je velký počet rotujících částí a problémy s abrazivními a lepivými materiály.



Obr. 10: Lomený pásový dopravník [3]

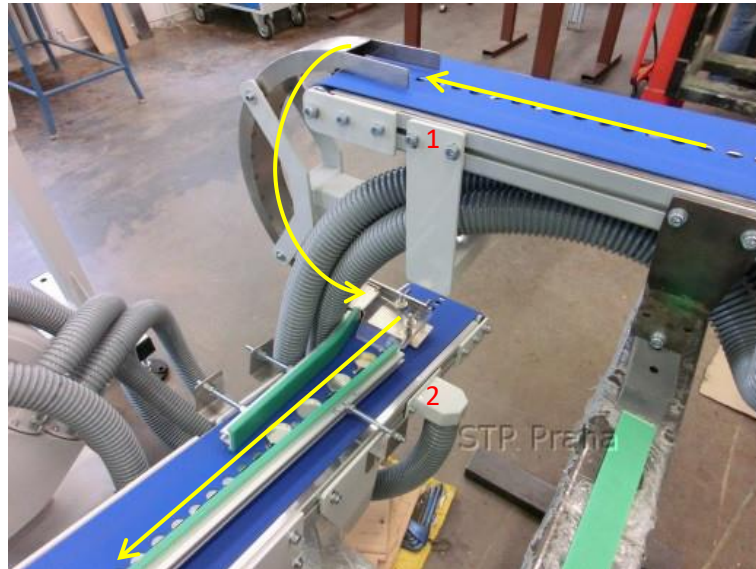
V případě dopravy kovových obalů z pocínovaného ocelového plechu se pro udržení obalů na pásu užívá magnetů pod pásem, nebo v případě nemagnetických obalů děrovaného pásu s odsáváním vzduchu z profilu, čímž se vytvoří podtlak, jenž drží obaly na pásu. V případě obalů se taktéž může být využito pásového dopravníku pro dopravu kolmo vzhůru, a to jak u obalů magnetických, tak i u obalů nemagnetických.



Obr. 11: Magnetický elevátor s navazujícím horizontálním dopravníkem [1]



Obr. 12: Vakuový elevátor pro dna a víka [1]

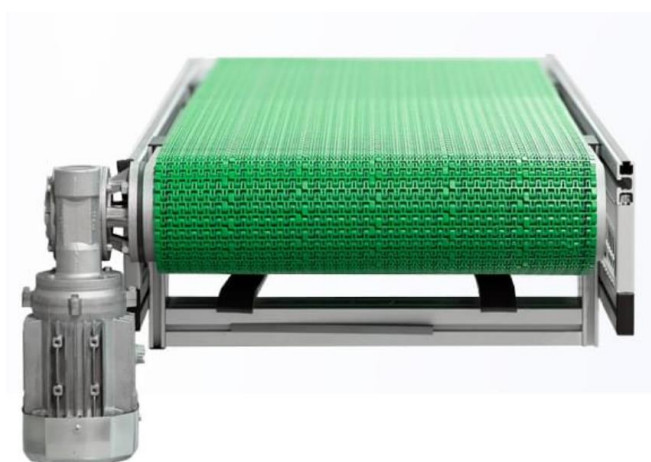


Obr. 13: Vakuové dopravníky: 1 – horizontální; 2 – mírně stoupající; směr jízdy víka dle žluté šipky; při předání víka mezi jednotlivými dopravníky probíhá jeho otočení [1]

Speciálním druhem pásových dopravníků jsou dopravníky krokové, které se používají v místech, kde je třeba posouvat výrobek o přesné vzdálenosti mezi operacemi. V těchto dopravnících má pás přesné prohlubně pro výrobky a je poháněn přesnými krokovými motory, přičemž pás má na spodní straně ozubení, které znemožňuje jeho prokluz na hnací řemenici. Těchto dopravníků se užívá například ve výrobě easy-open vík, kdy pás polotovary vík posouvá na přesné pozice (například naříznutí, nanýtování trhacího oka apod.).

3.2.1.2. Modulární dopravníky

Modulární dopravníky se používají zejména k dopravě kusových výrobků různých vlastností, a to hlavně tam, kde je potřeba zvýšená odolnost pásu vůči mechanickému poškození, proti zvýšeným teplotám, nebo je potřebná prodyšnost pásu. Jejich konstrukce umožňuje použít jeden pohon pro více konstrukčních a tvarových prvků jedné modulární trati. Těmito prvky mohou být zatáčky, lomené úseky a podobné tvarové prvky. Modulárních dopravníků se využívá hlavně v potravinářských, farmaceutických a průmyslových provozech. [4], [5]



Obr. 14: Modulární dopravník ALUTEC KK [4]

Mezi jejich výhody patří lehké provedení rámu z hliníkových profilů, použití plastových hnaných a hnacích kol a plastového modulárního pásu materiálů PP, PE, POM, PA s roztečemi modulů $1/2''$ až $2''$. Pás klouže po kluzném vedení na horní straně hliníkových profilů. U tohoto typu pásů není třeba často užívat napínáků, jelikož se průvěsem pás napíná sám. Díky tomu není třeba většinu pohyblivých částí mazat. Díky konstrukci pásu se v případě poškození oprava řeší velmi jednoduše – stačí pás před poškozenou a za poškozenou částí rozpojit a poškozenou část pásu nahradit. Články pásu se spojují pomocí tuhých plastových tyčí. [4], [5]



Obr. 15: Modulární dopravník pro dopravu twist-off vík na sklenice – na konci tohoto dopravníku probíhá seřazení vík do jedné řady a poté přeprava na magnetickém pásovém dopravníku dále do výroby, přičemž při seřazování modulární pás klouže pod víky, díky jeho odolnosti a vysoké kluznosti se není pás ani víka. [1]

3.2.1.3. Řemenové dopravníky

Řemenové dopravníky se používají pro dopravu kusových výrobků větších rozměrů, u kterých je jeden z rozměrů mnohonásobně větší, než ostatní (tyče, hranoly, atd.). Hlavní částí dopravníku je rám, který může být jak z hliníkových profilů (úspora hmotnosti), tak z ocelových profilů (úspora ceny). Hnací a hnané řemenice jsou hliníkové a pro jejich držení se používá hliníkových držáků s naklápěcími dvouřadými kuličkovými ložisky. U řemenových dopravníků je výhodou větší únosnost než u pásových. Taktéž můžou přepravovat mnohem delší a širší náklady než pásová dopravníky. [6]



Obr. 16: Řemenový dopravník s ozubeným řemenem [6]

3.2.1.3.1. Řemenové dopravníky v dopravě obalů

V dopravě obalů se používá taktéž řemenů s například kruhovým profilem, kdy tento řemen je veden v kluzném plastu s půlkruhovou drážkou (u klínových řemenů s klínovou, apod), a dva řemeny spolu svírají určitý úhel, čím zajišťují stabilitu dopravovaného obalu a neničí jeho tvar. Výrobky mohou jezdit buďto ve stohu (víka, dna), nebo jednotlivě (plášť).



Obr. 17: Vedení kruhového řemenu v plastovém profilu s půlkruhovou drážkou [7]



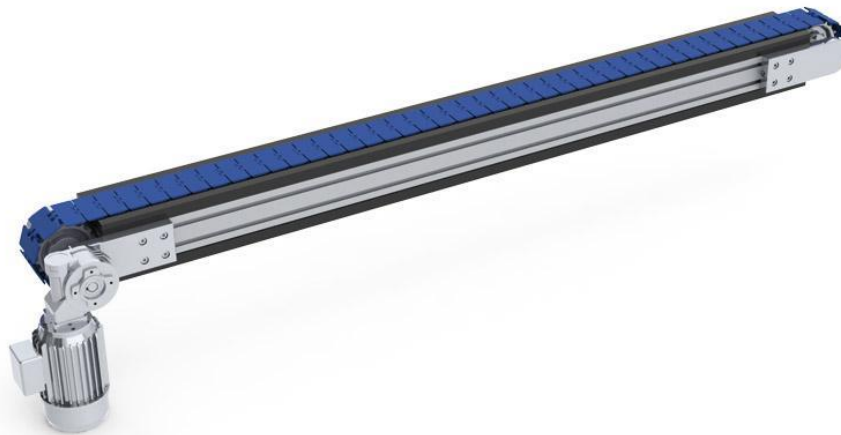
Obr. 18: Vedení ocelových vík z pocínovaného plechu ve stohu opletenými řemeny [1]



Obr. 19: Doprava papírových vík ve stohu pro tabák, kakao, a podobně [1]

3.2.1.4. Destičkové dopravníky

Destičkové dopravníky se používají pro dopravu různých kusových výrobků. U těchto dopravníků je opět zvýšená odolnost pásu vůči vyšším teplotám, nebo proti poškození. Jejich použitím minimalizujeme zástavbový prostor dopravníku. Díky jejich konstrukci je možné s jedním nekonečným destičkovým „pásem“ zatáčet, stoupat, klesat a pohánět jej pouze jedním pohonem. V některých literaturách dopravníky destičkové řadí pod řetězové dopravníky, jakožto část kategorie článkových dopravníků. [8], [9]

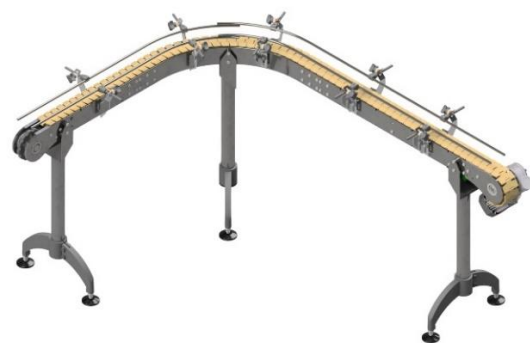


Obr. 20: Destičkový dopravník z hliníkového profilu s plastovými destičkami [8]

Tyto dopravníky jsou jednoduché na údržbu a dají se vyrábět jak v levnější variantě z hliníkových profilů s plastovými či nerezovými destičkami, kdy jsou kluzné plochy vyrobeny z kluzných plastů, a to jak vedení destiček na povrchu hliníkových profilů, tak i vedení výrobků. Hnací a hnaná kola jsou u této varianty plastová, nebo volitelně ocelová. Nebo se tyto dopravníky dají vyrábět ve variantě z nerezových konstrukčních profilů, kdy destičky mohou být nerezové i plastové, hnací a hnaná kola jsou plastová, vedení destiček je plastové z kluzných plastů a vedení výrobků je nerezové. U těchto nerezových dopravníků se předpokládá přímý kontakt s nebalenými potravinami, proto musí být všechny materiály zdravotně nezávadné a musí splňovat standardy pro průmyslové čištění a dezinfekci. Konstrukce dopravníku musí taktéž být uzpůsobena pro jednoduché čištění všech částí. [8], [9]



Obr. 21: destičkový dopravník z hliníkového profilu s nerezovými destičkami [9]



Obr. 22: Destičkový dopravník z nerezového profilu s plastovými destičkami [9]

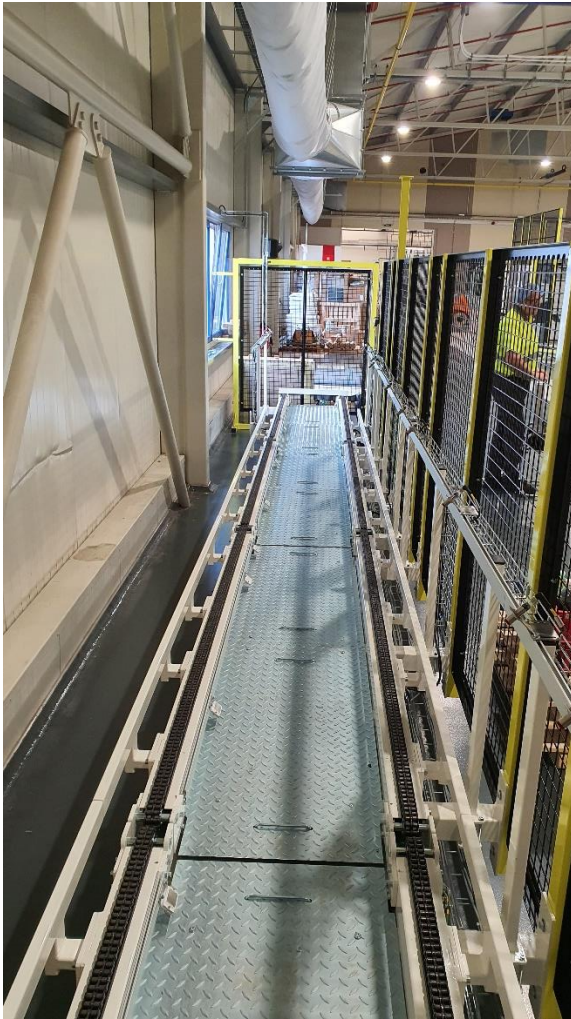
3.2.1.5. Řetězové dopravníky

U řetězových dopravníků je unášecím a tažným elementem buď jeden, nebo dvojice nekonečných řetězů. Jsou určeny především pro těžké náklady a pro dopravu výrobků v prostorách, kde je požadována zvýšená odolnost pásu či řemene vůči okolnímu prostředí (zvýšená teplota, chemikálie). Taktéž se používají pro dopravu výrobků, které by svým tvarem či strukturou příliš namáhaly pás, nebo jej přímo trhaly.

Ve výrobě obalů se řetězové dopravníky používají přímo na vstupu do výroby, kdy se na řetězové trati dopravují palety s balíky přístřihů plechu, které jdou do výroby vík. U těchto tratí se počítá s nosností pro balíky o hmotnosti do 3,5 [t]. Dále se řetězových dopravníků využívá v sušících pecích, kdy se mohou po nalakování sušit tabule plechu, víka, či jednotlivé tuby. Pro každý z těchto výrobků se používá odlišná konstrukce dopravníku s různými řetězy. Například pro vedení tabulí z plechu je na dvojici nekonečných řetězů připevněno mnoho ocelových rámečků z ocelového drátu, do kterých se zasouvají jednotlivé tabule, které potom v rámečku projedou pecí, která má okolo 60 m délky a na konci této pece se z rámečků vyloží a pokračují dále do výroby. Tuby naopak využívají jednoho řetězu, který má prodloužený čep, na který se tuba nasadí a poté projede pecí.



Obr. 23: Řetězový dopravník pro dopravu palet s přístřihy plechu s točnou [1]



Obr. 24: Automatizovaný řetězový dopravník pro palety s hmotností do 3,5 [t]. [Autor]



Obr. 25: Vykládací prostor automatizovaného řetězového dopravníku pro palety s hmotností do 3,5 [t] [Autor]



Obr. 26: Automatizovaný řetězový dopravník pro palety s hmotností do 3,5[t]. Optická čidla snímající polohu palety (červeně). Odrazky pro správnou funkci čidel zeleně. Vedení palety (žlutě). [Autor]

Popis funkce pro obr. 24, 25, 26 – Palety plechových přístřihů s hmotností do 3,5 [t] jsou na tento dopravník naloženy operátorem vysokozdvížného vozíku z venku haly (nakládací prostor se nachází za fotografem obr. 23). Jakmile je paleta naložena a vysokozdvížný vozík opustí prostor, dopravník se dá do pohybu a paleta dojde až na předposlední pozici na dopravníku. Toto je kontrolováno čidly vyznačenými na obr. 25. Když operátor vysokozdvížného vozíku naloží další paletu, tak ta dojde k předchozí, nahradí ji na předposlední pozici a první paleta je připravena k vyložení vysokozdvížným vozíkem operujícím v čistém prostoru haly. Dále, pokud palety nikdo neodebírá, tvoří se zásoba až 8 palet čekajících na vyložení. Při vykládání je opuštění prostoru dopravníku paletou signalizováno řídicímu systému několika čidly, přičemž toto odebrání a opuštění prostoru dopravníku musí taktéž stvrdit pracovník vysokozdvížného vozíku, který paletu přebral. Pracovník uvnitř haly může odebrat všech 8 palet bez potřeby toho, aby byly doplněny pracovníkem zvenčí.

Řetězové dopravníky se také používají při výrobě pláštů, které jsou na spodní hraně ostré a nesmí být přepravovány na pásovém dopravníku, jelikož by mohlo dojít k poškození či proříznutí pásu. V tomto případě se používá speciálního řetězu, který má rovné články a který se před použitím ještě zbrousí tak, aby pláště nepoškozoval. Pláště totiž na těchto dopravnících tvoří technologickou zásobu a řetěz pod nimi klouže. Řetěz se pohybuje po kluzném plastové vedení a je poháněn elektromotorem s převodovkou.

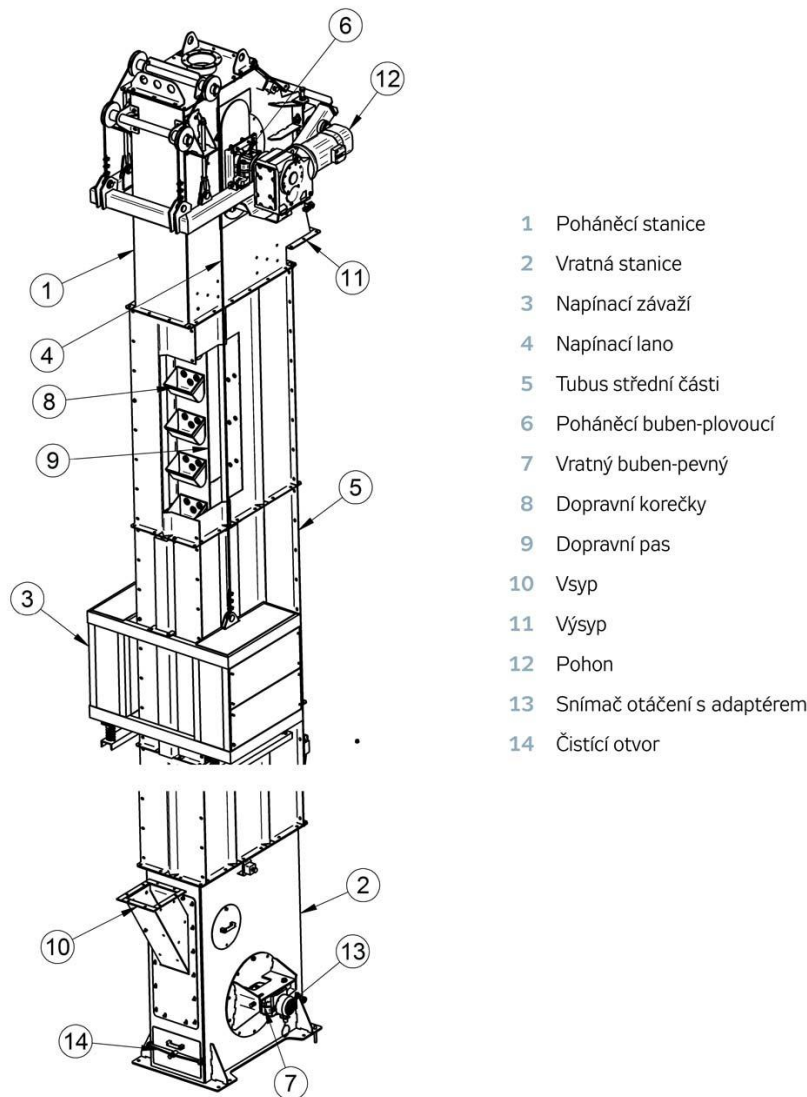


Obr. 27: Řetězový dopravník na pláště v nerezovém provedení pro potravinářskou výrobu [1]

3.2.1.6. Korečkové dopravníky

Korečkové dopravníky či elevátory jsou určeny pro svislou, nebo šikmou dopravu, přičemž tažným i unášecím prvkem je nekonečný pás, nebo řetěz, či dvojice řetězu. Nosným prvkem u těchto dopravníků jsou korečky, mechanicky spojené s unášecím prvkem. Tyto dopravníky jsou určeny pro svislou a úklonnou dopravu jemnozrnných a drobných kusovitých nákladů. [2]

U dopravy obalů se korečkových dopravníků používá hlavně pro dopravu plastových víček na PET láhve, nebo pro dopravu korunkových uzávěrů (například pro láhve od piva). Pro tyto specifické výrobky je třeba speciálně uzpůsobit násypku výrobků do korečků, jelikož při nakládání nesmí dojít k vysypání obalu mimo koreček a ke vzpříčení obalu v tubusu, ve kterém se korečky pohybují.



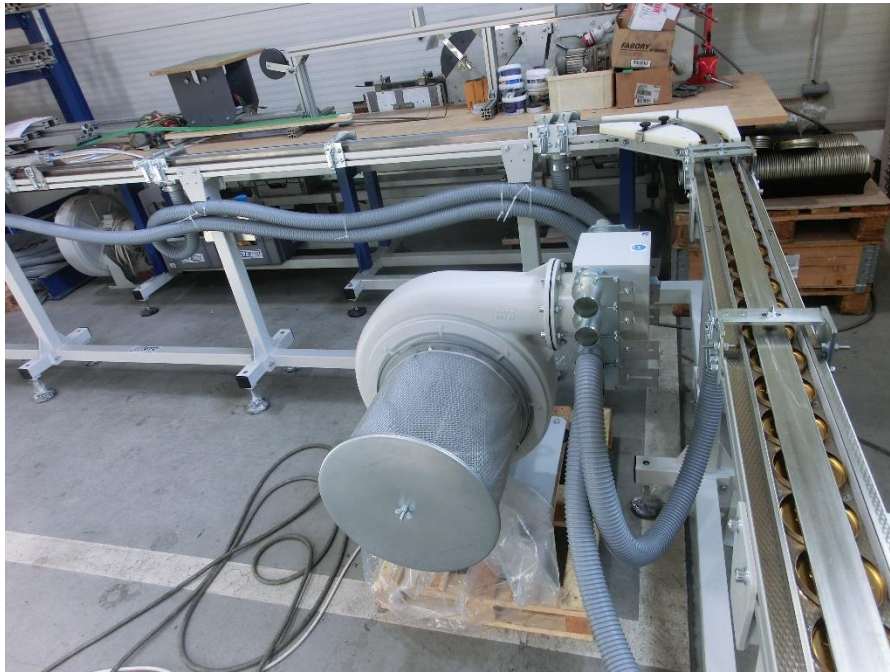
Obr. 28: Korečkový elevátor pásový [10]

3.2.2. Dopravníky bez tažného elementu používané v dopravě obalů

3.2.2.1. JET dopravníky

Konstrukce JET dopravníků je obdobná jako konstrukce vakuových dopravníků, ale u JET dopravníků je nahrazen pás s otvory nerezovým plechem se směrovanými tryskami. Do těchto trysek přivádíme velký objem tlakového vzduchu. Tyto trysky musí být speciálně orientované. Dpravovaný obal musí být veden vždy ze všech stran, se specifickými požadavky na kluznost vedení a naladění vedení, které jsou pro každý materiál obalu jiné. Tyto dopravníky je možné používat jak horizontálně, tak i vertikálně, přičemž množství přivedeného tlakového vzduchu musí být vždy velmi přesně regulováno a pro každý materiál a tvar obalu musí být toto taktéž velmi jemně uzpůsobeno a odladěno. Vertikálně je v reálných průmyslových podmínkách možné dopravovat pouze hliníkové a papírové obaly. Pro ocelové obaly by toto řešení nebylo ekonomicky výhodné. K regulaci množství dodávaného vzduchu využíváme vzduchových klapek na výstupu

z ventilátoru (pro jednotlivé úseky dopravníku), na vstupu ventilátoru (omezení nasávaného vzduchu) a frekvenční měnič připojený k motoru ventilátoru.



Obr. 29: Ventilátor a rozvod vzduchu k dopravníkům na víčka na žvýkáci tabák [Autor]



Obr. 30: Regulace množství vzduchu na výstupu z ventilátoru [Autor]

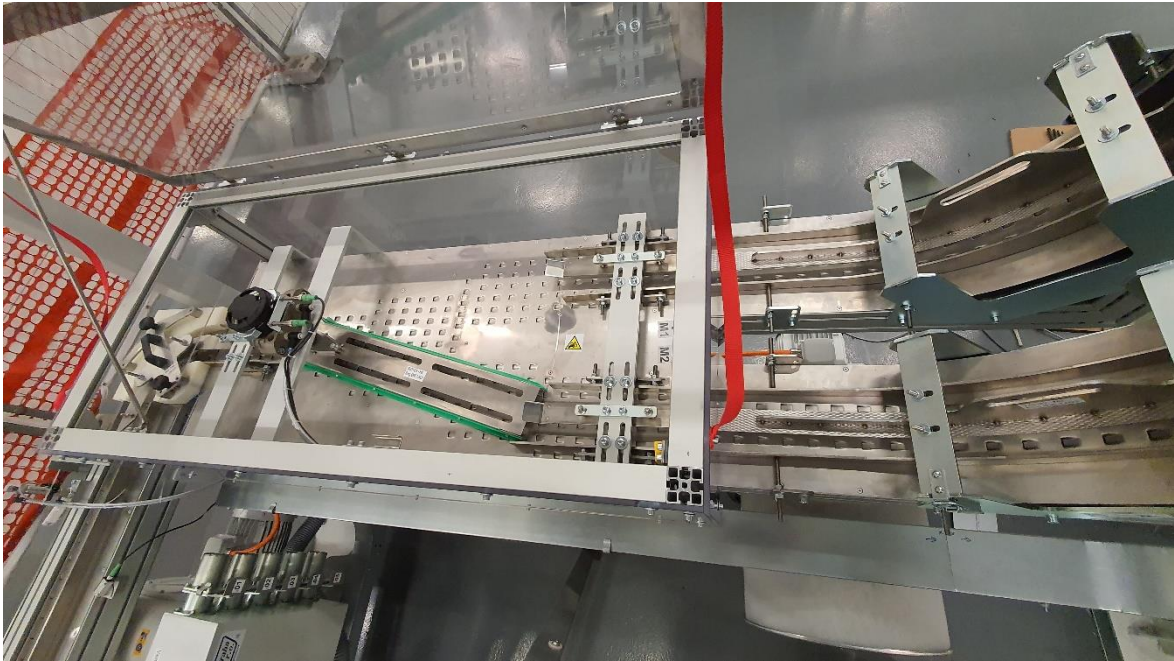
Tyto dopravníky mají taktěž velmi velkou výhodu v tom, že se na nich může vytvořit velká technologická zásoba vík, která je při správném naladění dopravníku téměř okamžitě k dispozici. Tato zásoba tak může vykrývat například nepravidelnost chodu lisu, a tím vytvořit dostatečný počet obalů, které jsou okamžitě k dispozici pro následující operace, které mohou pracovat v jiném taktu. Při vytvoření této zásoby nedochází k poškození obalů třením o pás.



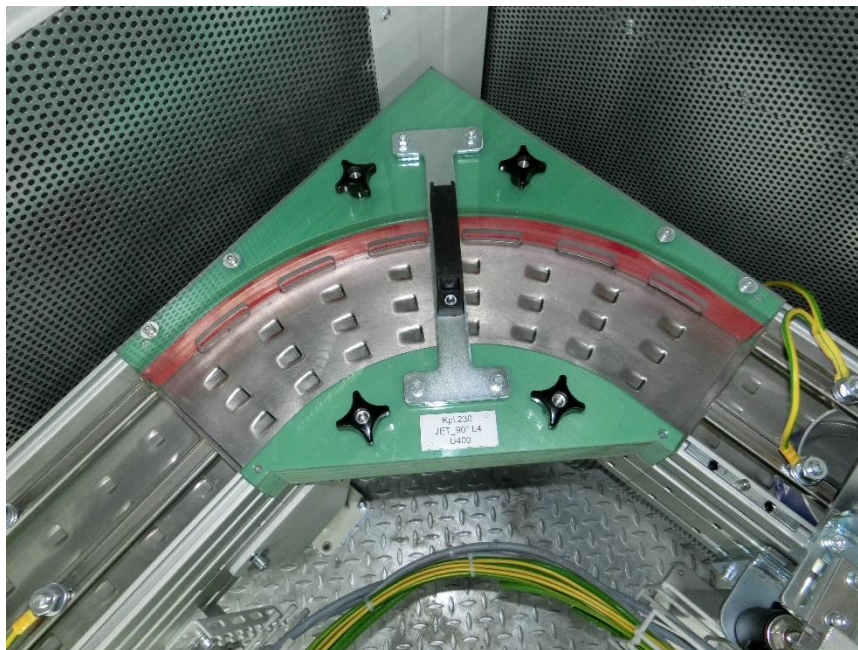
Obr. 31: Jet elevátor (žlutě) a následný prostor pro technologickou zásobu papírových kroužků (červeně) [Autor]



Obr. 32: JET dopravník pro plastová víčka [Autor]



Obr. 33: Automatizovaná výhybka na JET dopravniku ovládaná pneumaticky. Navazuje JET elevátor (kolmo vzhůru – stoupání cca 2 m) [Autor]



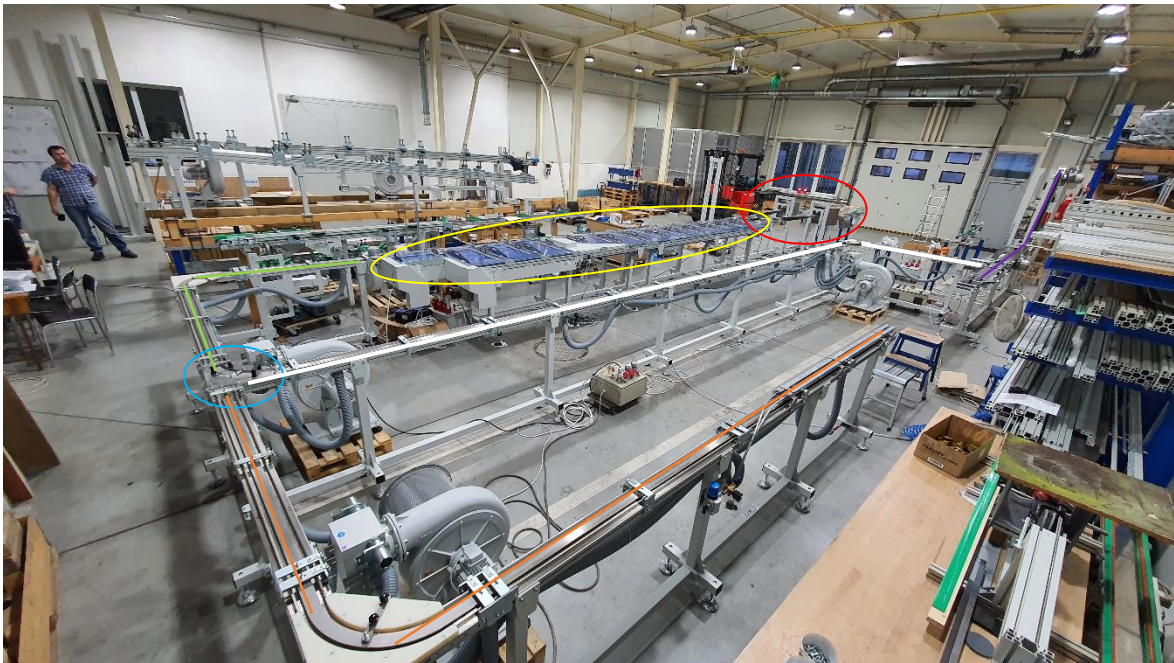
Obr. 34: 90° zatáčka JET dopravniku se směrovými tryskami [Autor]



Obr. 35: Doprava hliníkových obalů kosmetických přípravků [Autor]



Obr. 36: Doprava hliníkových obalů kosmetických přípravků [Autor]



Obr. 37: Kompletní mezioperační doprava ocelových vík s manuální výhybkou [Autor]

Popis obr. 37 – Víka přijíždějí ve 2 proudech, kdy se nejprve na pásovém magnetickém dopravníku otočí (červeně), poté se na modulárním dopravníku sloučí do jedné řady (žlutě), zde již mohou vytvářet mírnou zásobu před najetím na JET dopravník, poté po JET dopravníku se již přemísťují v řadě (zeleně) přes manuální, výměnnou výhybku (modře) do tvarovacího stroje (oranžově), nebo jej mohou, v případě že tento mezikrok není potřeba, objet (bíle) a pokračovat dále do výroby na magnetickém pásovém dopravníku, na který jsou dávkovány v přesných rozstupech (fialově). Tato linka zvládne dopravit až 1600 kusů vík za minutu.

4. Výběr vhodných konstrukčních variant pro řešení zadaného problému

4.1. Úvaha možností dopravy

Při hledání možností dopravy pláště plechovek budou uvažovány tyto možnosti:

- Unášení pláště pásovým dopravníkem
- Unášení pláště dvěma kruhovými řemínky
- Unášení pláště dvěma ozubenými řemeny

4.1.1. Unášení pláště pásovým dopravníkem

Varianta unášení pláště pásovým dopravníkem je z těchto tří vybíraných konstrukčně nejjednodušší. Pro pohon pásu je vhodné vložit hnací jednotku (soustavu řemenic a napínacích válečků) pod dopravník. Tato hnací jednotka je již v STR Praha standardizována a není proto problém jí použít. Pás se velmi dobře ohýbá, tím pádem jsou přechody na předávací dopravník a z předávacího dopravníku na navazující elevátor konstrukčně jednoduché, zabírají minimum prostoru a pláště jsou během předání stabilní a předání je bezproblémové.

Je zde však nebezpečí nestability převáženého pláště v poloze horizontální – kontakt pláště s pásem je přímkový, a tím pádem se plášť může klopit do stran, což se nesmí dít. Proti tomuto naklánění je možné se úplně bránit pouze bočním zábradlím, u kterého by ale docházelo k trvalému styku pláště se zábradlím na jedné či druhé straně. Stabilitu pláště na pásu by taktéž zlepšily magnety pod pásem, které by ale nestabilitu pláště pouze zmenšily, ale drobná nestabilita by zde stále zůstala. Při trvalém kontaktu plechovky s bočním vedením je nutné předpokládat nežádoucí odírání laku pláště plechovky o vedení, a to i při instalaci kluzných plastů či suchého zipu.

Taktéž je zde možnost nestabilního chování pláště vlivem brždění strany, u které by docházelo k doteku se zábradlím. Vůbec největší je toto riziko u pláště, u kterých je výška menší než průměr, kde by v extrémních případech mohlo dojít i k otočení pláště kolmo vůči směru jízdy.



Obr. 38: Doprava pláště kbelíku uzavřeného z jedné strany pásovým dopravníkem
[Autor]



Obr. 39: Doprava pláště kbelíku uzavřeného z jedné strany pásovým dopravníkem – pohled z druhé strany [Autor]

4.1.2. Unášení pláště dvěma kruhovými řemínky

U této varianty je největší výhodou jistota uchopení pláště mezi řemínky. Plášť plechovky je zde prakticky zaklíněn mezi řemínky a nemá možnost jakéhokoli pohybu do strany. Možný prokluz pláště a řemínků se eliminuje dvěma způsoby. A to zaprvé instalací magnetů pod řemínky, jenž plášť stabilizují a zaklíní mezi řemínky a taktéž zabrání nadzvednutí pláště a případnému prokluzu řemínků těsně po předání z předchozího dopravníku. A zadruhé tím, že kruhový řemínek je vyroben z neklouzavého materiálu, konkrétně z polyuretanu. Tím by mohl vzniknout problém s velikou průtažností polyuretanových řemínků, kterému se ovšem lze vyhnout použitím kruhových řemínků s vyztuženým jádrem.

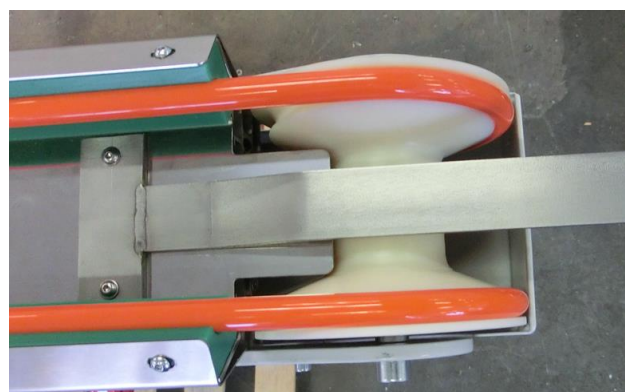
Nevýhodou je větší minimální rádius ohybu těchto řemínků, díky němuž musíme překonávat větší mezeru při přechodu z předchozího na předávací dopravník a taktéž na elevátor. Mezeru na vstupu lze překonat pomocí pomocných rolen. Na výstupu tento problém není, jelikož plášť se magneticky přisaje na elevátor.

Pohon je možný provádět pomocí motoru na koncové kladce. Díky vyztuženému jádru v polyuretanovém řemínku má řemínek velmi malou průtažnost, tím pádem není třeba používat složité napínání a lze použít pouze jednoduchého napínáku pomocí jedné kladky.

Katalog kruhových řemínků je umístěn v přílohách jakožto příloha č.5, jedná se o řemínky typu ROS.



Obr. 40: Dopravník s kruhovými řemínky [Autor]



Obr. 41: Šířkově neregulovatelná koncová kladka řemínkového dopravníku [Autor]

4.1.3. Unášení pláště dvěma ozubenými řemeny

Třetí variantou je unášení mezi dvěma ozubenými polyuretanovými řemeny. Vzájemná poloha řemenů svírá úhel 90° a plášť by ležel mezi nimi. Uložení ozubeného řemene by bylo u tohoto provedení podobné jako ve variantě s kruhovými řemínky. U ozubeného řemene je výhodou, že můžeme využít řemenů s relativně malým poloměrem otáčení – podobně jako u varianty s pásem.

Nevýhodou u této varianty je ovšem velmi drahý pohon dopravníku. Bylo by nutné využít kuželové převodovky se dvěma výstupními hřídelemi a jednou hnací. Na výstupní hřídele bychom umístili hnací ozubené řemenice a na vstup převodovku s elektromotorem. Vratné řemenice jsou vsazena ložiska a jsou uloženy s šikmými osami s malým napínáním.

Toto řešení se dle zkušeností STR Praha s.r.o. ukázalo jako problematické z důvodu náročnosti najít vhodnou velikost kuželové převodovky. Výrobci Vogel, Lenze a další výrobci převodovek (obvykle italské provenience) většinou nejsou schopni nabídnout kuželovou převodovku této velikosti, jelikož je požadovaná velikost velmi malá. Druhým aspektem je vysoká cena této převodovky, jelikož je nestandardní velikosti, a k už tak vysoké ceně kuželové převodovky je nutné připočíst i standardní převodovku s elektromotorem (obvykle Lenze či SEW Eurodrive)



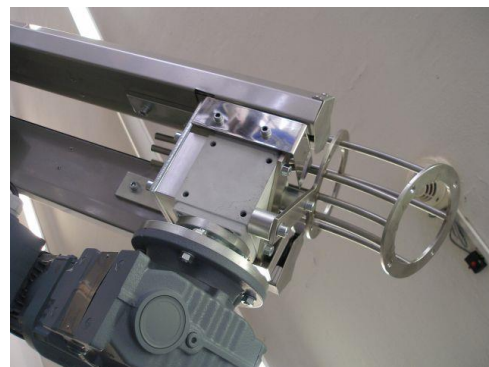
Obr. 42: Řemenový dopravník [Autor]



Obr. 43: Celkový pohled na řemenový dopravník pro dopravu papírových vík ve stohu [Autor]



Obr. 44: Pohled na koncový hnací mechanismus řemenového dopravníku [Autor]



Obr. 45: Hnací mechanismus s kuželovou převodovkou [Autor]

4.2. Úvaha konstrukce zdvihacího mechanismu pro plynulé dorovnávání výšky

Návrh zvedacího mechanismu u tohoto dopravníku je přípravou na eventuální budoucnost, kdy by linka mohla vyrábět i jiný průměr plechovek a bylo by potřeba dopravník dorovnat s předchozím dopravníkem sušící linky. Tento je taktéž výškově stavitelný z toho důvodu, protože hořáky sušící linky jsou ve fixní poloze a plášť plechovky je nutno dopravovat s danou mezerou mezi pláštěm a hořákem. Změnou výšky se rozumí rozdíl mezi pláštěm o průměru 52 mm a pláštěm o průměru 99 mm, tzn. výškový rozdíl 47 mm.

Uvažované možnosti dorovnávání výšky dopravníku:

- Motorizované provedení
- Pohybový šroub s ovládacím kolem
- Automobilový nůžkový zvedák

4.2.1. Motorizované provedení

Dalo by se využít nakupované řešení od firmy RK Rose + Krieger, kteří vyrábějí poháněné lineární zvedací mechanismy.

Jelikož je ale přestavba linky na jiný průměr plechovky změnou náročnou, která trvá okolo půlky pracovní směny, děje se jen jednou za několik dní až týdnů. Proto není nutné mít změnu výšky dopravníku motorizovanou. Tato varianta by byla vzhledem k použití příliš drahá. Proto ji již z počátku zavrhuje.



Obr. 46: Motorizovaná noha od firmy RK Rose + Krieger [11]

4.2.2. Pohybový šroub s ovládacím kolem

Tato varianta s pohybovým šroubem a ovládacím kolem je možná, u dopravníků se hojně využívá, ale zde by byla přístupnost ovládacího kola na svislém pohybovém šroubu pod dopravníkem značně omezená vzhledem k rozměru dopravníku a zástavbě dopravníku do dopravní tratě. Náročnost provedení také spočívá v nutnosti řešení uložení pohybového šroubu a matice. Vedení dopravníku by zde bylo řešeno stejně jako ve třetí variantě s nůžkovým zvedákem.



Obr. 47: Zdvhací mechanismus řešený pomocí pohybového šroubu s ovládacím kolem [Autor]

4.2.3. Automobilový nůžkový zvedák

Jako nejjednodušší se jeví tato varianta. Lze zakoupit běžný nůžkový hever pro zdvihání osobního automobilu, který se velmi jednoduše přestavuje pomocí kliky a horizontálního pohybového šroubu umístěného v heveru. Hever zde slouží pouze k vykonávání pohybu nahoru a dolů. Vedení a držení celého dopravníku je zajištěno svařencem nohou tvořených z jeklů a U profilů. Fixace nastavené polohy je řešena aretačními šrouby.



Obr. 48: Zdvihací mechanismus řešený automobilovým nůžkovým zvedákem [Autor]



Obr. 49: Zdvihací mechanismus řešený automobilovým nůžkovým zvedákem [Autor]

4.3. Volba pohonu dopravníku

Zde vybíráme ze dvou možností:

- Pohonná sekce pod dopravníkem
- Pohon koncové řemenice

4.3.1. Pohonná sekce pod dopravníkem

Tato varianta je vhodná pro pohon delších dopravníků, u kterých je nutné mít větší úhel opásání hnací řemenice. Byla by výhodná z hlediska uvolnění přechodového prostoru u elevátoru, nicméně pohon by byl výrazně komplikovanější a hlavně by nám odebral místo pod dopravníkem, které potřebujeme pro vedení svislého nastavování výšky dopravníku. Pro stabilitu dopravníku je lepší mít toto vedení co nejdelší. Tento pohon by byl také mnohem více vhodný pro pás než pro kruhové řemeny, jelikož tyto mají velký poloměr ohybu a pohon by zabral mnoho místa.



Obr. 50: Pohonná sekce pod dopravníkem – řešení pro kruhové řemínky [Autor]



Obr. 51: Pohonná sekce pod dopravníkem – řešení pro kruhové řemínky [Autor]

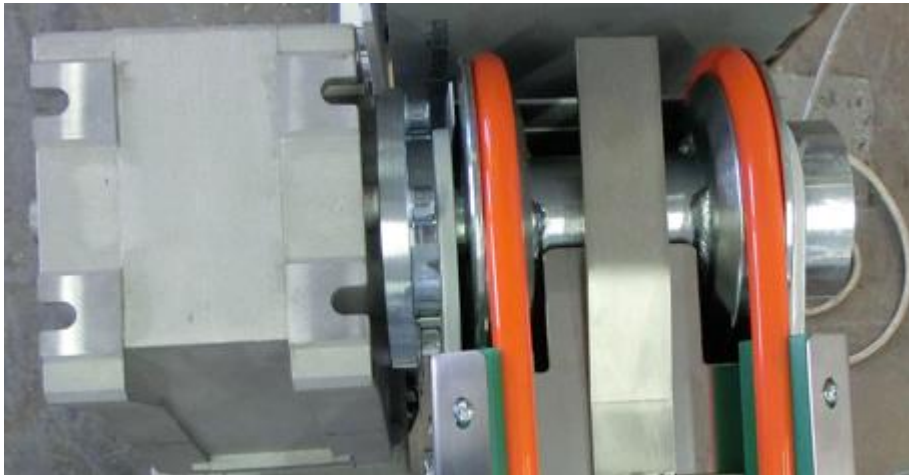


Obr. 52: Pohonná sekce pod dopravníkem – řešení pro pásový dopravník [Autor]

4.3.2. Pohon koncové řemenice

Pro takto krátký dopravník by tato varianta měla být více než vhodná. Úhel opásání koncové řemenice dle zkušeností STR Praha s.r.o. stačí pro přenos dostatečného kroutícího momentu (hmotnost přepravovaných pláštů je pár desítek gramů -> viz kap. č.3.1 Měření)

Taktéž by měl stačit napínák umístěný pod vodorovnou částí dopravníku, jelikož řemínky z materiálu ROS mají díky vyztuženému jádru průtažnost pouze 0,3 %, jejich délka je identická a přesná, jelikož se nechávají vyrobit ve dvojicích na zakázku. Pro snadnější montáž jsou koncové kladky vybaveny napínacími šrouby.



Obr. 53: Pohon koncové řemenice [Autor]



Obr. 54: Napínací šroub koncové řemenice [Autor]

4.4. Vícekriteriální rozhodování pro výběr konstrukční varianty

Koncepční návrhy budou hodnoceny pomocí metody vícekriteriálního rozhodování. Tato metoda spočívá ve zvolení několika kritérií, která jsou považována za klíčová pro danou aplikaci. Těmto kritériím se přiřadí pořadí a na základě tohoto pořadí je určena jejich důležitost. Pořadí a důležitost kritérií bylo konzultováno s inženýry a techniky z STR Praha s.r.o.

tab. 1.: Tabulka kritérií a důležitosti

OZNAČENÍ KRITÉRIA K_i	POPIS KRITÉRIA	POŘADÍ p_i	POŘADÍ OPAČNÉ p_{i0}	DŮLEŽITOST v_{1i}
K1	Jednoduchost	4	5	0,14
K2	Spolehlivost	1	8	0,22
K3	Servis	6	3	0,08
K4	Hlučnost	8	1	0,03
K5	Opotřebení/Životnost	2	7	0,2
K6	Cena/Náklady	3	6	0,17
K7	Provozní náklady/Náhradní díly	7	2	0,05
K8	Energetická náročnost	5	4	0,11
SUMA		$\sum_{i=1}^9 p_i = 36$	$\sum_{i=1}^9 p_{i0} = 36$	$\sum_{i=1}^9 v_i = 1$

Vztah použitý pro výpočet důležitosti kritéria

$$v_{ji} = \frac{p_{i0}}{\sum p} \quad (1)$$

Příklad dosazení pro kritérium K1

$$v_{11} = \frac{5}{36} = 0,14$$

V tabulce (tab. 1.) jsou uvedena kritéria hodnocení. Na základě jejich pořadí jsou stanoveny jednotlivé důležitosti potřebné k následujícím výpočtům.

- p_{11} Varianta s pásem
- p_{12} Varianta s kruhovými řemínky
- p_{13} Varianta s ozubenými řemeny

tab. 2.: Tabulka výsledného pořadí p_{ij}

POŘADÍ KONSTRUKČNÍ VARIANTY p_{ij}	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	VÝSLEDNÉ HODNOCENÍ	VÝSLEDNÉ POŘADÍ
p_{11}	1.	3.	1.	1.	2.	1.	3.	2.	1,85	2.
p_{12}	2.	2.	2.	2.	1.	2.	1.	1.	1,64	1.
p_{13}	3.	1.	3.	3.	3.	3.	2.	3.	2,51	3.
DŮLEŽITOST v_i	0,14	0,22	0,08	0,03	0,2	0,17	0,05	0,11	$\sum v_{1i} = 1$	

Hodnocení kritérií bylo konzultováno s inženýry a techniky ze společnosti STR Praha s.r.o.

Výsledek kritéria vypočten dle vztahu

$$v_{k_{1i}} = p_{11} \cdot v_{11} + p_{12} \cdot v_{12} + \dots + p_{1i} \cdot v_{1i} \quad (2)$$

Příklad dosazení pro konstrukční variantu p_{11}

$$v_{k_{11}} = 1 \cdot 0,14 + 3 \cdot 0,22 + 1 \cdot 0,08 + 1 \cdot 0,03 + 2 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,17 + 3 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,05 = 1,85$$

Dle výsledků vícekriteriálního rozhodování lze konstatovat, že nejvhodnějším konstrukčním řešením je varianta p_{12} – varianta s kruhovými řemínky. Tato varianta se také shoduje předpoklady konstrukce zadavatele projektu.

4.5. Vícekriteriální rozhodování pro typ zvedacího mechanismu

Pořadí a důležitost kritérií bylo konzultováno s inženýry a techniky z STR Praha s.r.o.

tab. 3.: Tabulka kritérií a důležitosti

OZNAČENÍ KRITÉRIA K_i	POPIS KRITÉRIA	POŘADÍ p_i	POŘADÍ OPAČNÉ p_{i0}	DŮLEŽITOST v_{2i}
K1	Jednoduchost	2	6	0,21
K2	Spolehlivost	4	4	0,14
K3	Servis	7	1	0,04
K4	Náročnost ovládání	3	5	0,18
K5	Opotřebení/Životnost	5	3	0,11
K6	Cena/Náklady	1	7	0,25
K7	Náhradní díly	6	2	0,07
SUMA		$\sum_{i=1}^9 p_i = 28$	$\sum_{i=1}^9 p_{i0} = 28$	$\sum_{i=1}^9 v_{2i} = 1$

Vztah použitý pro výpočet důležitosti kritéria

$$v_{ji} = \frac{p_{i0}}{\sum p} \quad (3)$$

Příklad dosazení pro kritérium K1

$$v_{21} = \frac{6}{28} = 0,21$$

V tabulce (tab. 3.) jsou uvedena kritéria hodnocení. Na základě jejich pořadí jsou stanoveny jednotlivé důležitosti potřebné k následujícím výpočtům.

- Varianta p_{21} – Motorizované provedení
- Varianta p_{22} – Pohybový šroub s ovládacím kolem
- Varianta p_{23} – Automobilový nůžkový zvedák

tab. 4. : Tabulka výsledného pořadí p_{ij}

POŘADÍ KONSTRUKČNÍ VARIANTY p_{ij}	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	VÝLEDNÉ HODNOCENÍ	VÝLEDNÉ POŘADÍ
p_{21}	3.	3.	3.	1.	3.	3.	3.	2,64	3.
p_{22}	2.	1.	2.	3.	1.	2.	2.	1,93	2.
p_{23}	1.	2.	1.	2.	2.	1.	1.	1,43	1.
DŮLEŽITOST v_i	0,21	0,14	0,04	0,18	0,11	0,25	0,07	$\sum v_{2i} = 1$	

Hodnocení kritérií bylo konzultováno s inženýry a techniky ze společnosti STR Praha s.r.o.

Výsledek kritéria vypočten dle vztahu

$$v_{k_{2i}} = p_{21} \cdot v_{21} + p_{22} \cdot v_{22} + \dots + p_{2i} \cdot v_{2i} \quad (4)$$

Příklad dosazení pro konstrukční variantu p_{21}

$$v_{k_{21}} = 3 \cdot 0,21 + 3 \cdot 0,14 + 3 \cdot 0,04 + 1 \cdot 0,18 + 3 \cdot 0,11 + 3 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,07 = 2,21$$

Dle výsledků vícekritériálního rozhodování lze konstatovat, že nejvhodnějším konstrukčním řešením je varianta p_{23} – s automobilovým nůžkovým zvedákem.

4.6. Vícekriteriální rozhodování pro typ pohonu

Pořadí a důležitost kritérií bylo konzultováno s inženýry a techniky z STR Praha s.r.o.

tab. 5.: Tabulka kritérií a důležitosti

OZNAČENÍ KRITÉRIA K_i	POPIS KRITÉRIA	POŘADÍ p_i	POŘADÍ OPAČNÉ p_{i0}	DŮLEŽITOST v_i
K1	Jednoduchost	3	4	0,19
K2	Spolehlivost	4	3	0,14
K3	Servis	6	1	0,05
K4	Cena/Náklady	1	6	0,29
K5	Náhradní díly	5	2	0,1
K6	Prostorová náročnost	2	5	0,24
SUMA		$\sum_{i=1}^9 p_i = 45$	$\sum_{i=1}^9 p_{i0} = 45$	$\sum_{i=1}^9 v_i = 1$

Vztah použitý pro výpočet důležitosti kritéria

$$v_{ji} = \frac{p_{i0}}{\sum p} \quad (5)$$

Příklad dosazení pro kritérium K1

$$v_{31} = \frac{4}{21} = 0,19$$

V tabulce (tab. 5.) jsou uvedena kritéria hodnocení. Na základě jejich pořadí jsou stanoveny jednotlivé důležitosti potřebné k následujícím výpočtům.

- Varianta p_{31} – Pohonná sekce pod dopravníkem
- Varianta p_{32} – Pohon koncové řemenice

tab. 6.: Tabulka výsledného pořadí p_{ij}

POŘADÍ KONSTRUKČNÍ VARIANTY p_{ij}	K1	K2	K3	K4	K5	K6	VÝSLEDNÉ HODNOCENÍ	VÝSLEDNÉ POŘADÍ
p_{31}	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2,02	2.
p_{32}	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1,01	1.
DŮLEŽITOST v_i	0,19	0,14	0,05	0,29	0,1	0,24	$\sum v_{3i} = 1$	

Hodnocení kritérií bylo konzultováno s inženýry a techniky ze společnosti STR Praha s.r.o.

Výsledek kritéria vypočten dle vztahu

$$v_{k_{3i}} = p_{31} \cdot v_{31} + p_{32} \cdot v_{32} + \dots + p_{3i} \cdot v_{3i} \quad (6)$$

Příklad dosazení pro konstrukční variantu p_{11}

$$v_{k_{31}} = 2 \cdot 0,19 + 2 \cdot 0,14 + 2 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,29 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,24 = 2,21$$

Dle výsledků vícekriteriálního rozhodování lze konstatovat, že nejvhodnějším konstrukčním řešením je varianta p_{32} – pohon koncové řemenice.

4.7. Shrnutí vícekriteriálního rozhodování

Vícekriteriálním rozhodováním bylo rozhodnuto o použití dopravníku s kruhovými řemínky. Dorovnávání výšky dopravníku bude zajištěno nůžkovým automobilovým zdvihákem. Pohon bude proveden v provedení s hnanou koncovou řemenicí.

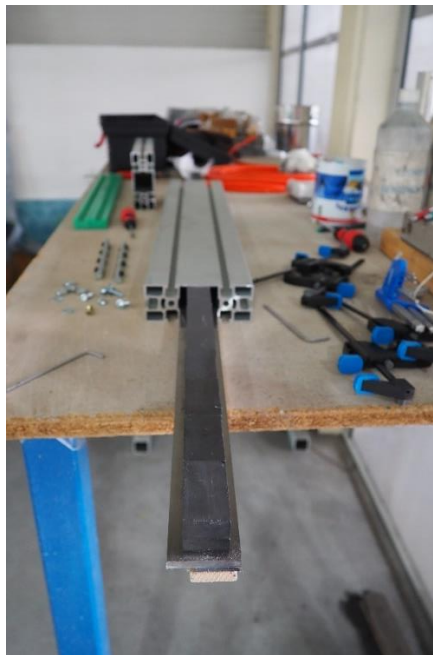
5. Výpočty a měření

5.1. Měření přítláčné normálové síly působící na plášť plechovky

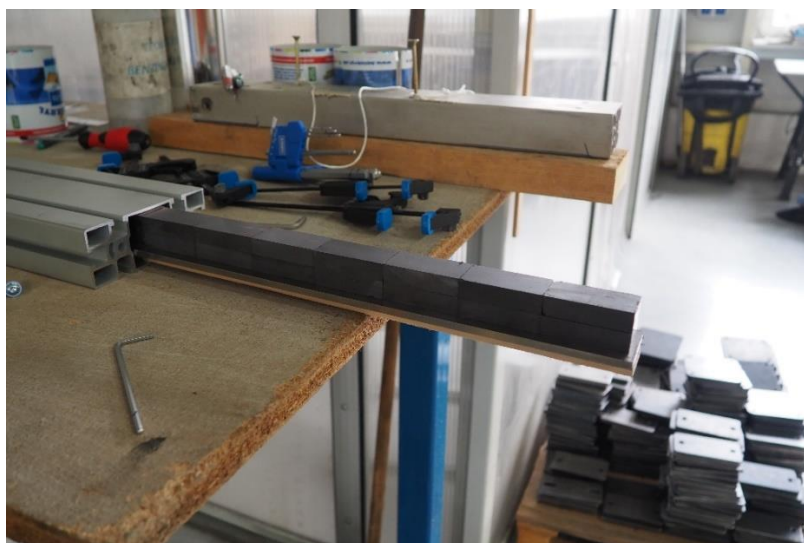
Bylo provedeno měření přítláčné normálové síly na plášť za použití feritových magnetů pomocí siloměru SAUTER FK100 na přípravku k tomuto měření vytvořeném.

5.1.1. Stavba přípravku:

Na plechový pás 5x40 mm bylo nasazeno 20 magnetů o velikosti 50x25x12 mm. Tento pás s magnety byl poté vložen do hliníkového profilu od firmy Alutec KK o rozměru 120x45 [mm] a vypodložen dřevěnými lištami tak, aby magnety přiléhaly co nejtěsněji k vrchní části hliníkového profilu.



Obr. 55: Stavba měřícího přípravku – magnety na plechovém pásu podložené dřevěnou lištou [Autor]



Obr. 56: Stavba měřícího přípravku – magnety na plechovém pásu podložené dřevěnou lištou vložené v hliníkovém profilu [Autor]

Dále byly na profil přiloženy nerezové plechy pro držení kluzných plastů a zakrytí vrchní části hliníkového profilu.



Obr. 57: Stavba měřícího přípravku – připevnění nerezových plechů k hliníkovému profilu [Autor]

Poté byly k nerezovým bočnicím přišroubovány kluzné plasty.



Obr. 58: Stavba měřícího přípravku – montáž kluzných plastů [Autor]

Na závěr byly do drážek kluzných plastů vloženy kruhové řemínky a tyto byly přisvorkovány pomocí truhlářských svěrek.



Obr. 59: Stavba měřicího přípravku – upevnění kruhových řemínků [Autor]

Tento přípravek byl vložen na hydraulický vysokozdvizný vozík, abychom dosáhli lineárního zvyšování síly. Na ližiny vysokozdvizného vozíku byl připevněn siloměr pomocí již existujícího přípravku.



Obr. 60: Stavba měřicího přípravku – umístění měřicího přípravku na hydraulický vysokozdvizný vozík [Autor]



Obr. 61: Již existující přípravek pro připevnění měřícího přístroje [Autor]

5.1.2. Měření

Měření bylo provedeno s pláští plechovek o průměru 99 mm s výškami 280 mm a 122 mm. Pro výpočet potřebného výkonu motoru byla použita delší verze pláště, jelikož uvažujeme nejhorší možnou variantu.

tab. 7.: Naměřené hodnoty odtrhávací síly

	L=0,28 [m]	L=0,122 [m]
č.	[N]	[N]
1	12,75	7,45
2	13,7	5,85
3	13,65	5,85
4	12,9	6,45
5	13,35	6,05
6	13,1	7,8
7	13,15	7,05
8	13,15	7,25
9	12,9	8,3
10	13,25	8,6
Průměr:	13,18	7,03
Směrodatná odchylka	0,23	0,8

K výpočtu výkonu motoru byla použita průměrná hodnota síly navýšená o směrodatnou odchylku:

$$F_p = 13,18 + 0,23$$

$$F_p = 13,41 \text{ [N]}$$

Výpočet směrodatné odchyly:

$$\sigma = \sqrt{\text{Var}(X)} \quad (7)$$

$$\text{Var}(X) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (8)$$

Výsledek výpočtu směrodatné odchyly je uveden v tabulce tab. 7

5.2. Návrhové výpočty

5.2.1. Výpočet potřebné rychlosti k vytvoření požadované mezery

$$v_U = N \cdot (h + m) \quad (9)$$

$$v_U = 200 \cdot (0,25 + 0,12)$$

$$v_U = 74 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$$

5.2.2. Výpočet potřebných výstupních otáček převodovky

$$v_U = \pi \cdot d \cdot n \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{]} \quad (10)$$

$$n = \frac{v_U}{\pi \cdot d} \text{ [min}^{-1}\text{]} \quad (11)$$

$$n = \frac{74}{\pi \cdot 0,1}$$

$$n = 235,549 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

5.2.3. Výpočet potřebného výkonu motoru

Koeficient tření mezi HDPE vedením a PU řemínkem volím dle [12] : $f = 0,3$

$$m_{\ddot{x}} \cong 0,25 \text{ [kg]}$$

$$l_d = 0,81 \text{ [m]}$$

5.2.3.1. Počet plechovek na dopravníku

$$N_d = \frac{l_d}{(h+m)} \quad (12)$$

$$N_d = \frac{0,81}{(0,25 + 0,12)} \cong 2,2 \text{ plechovky}$$

5.2.3.2. Třecí síla řemínků

$$F_t = F_n \cdot f \quad (13)$$

$$F_n = -F_g = -((g \cdot 2 \cdot m_{\ddot{x}}) + 2,2 \cdot F_p) \quad (14)$$

$$F_t = -((g \cdot 2 \cdot m_{\ddot{x}}) + 2,2 \cdot F_p) \cdot f = -((9,81 \cdot 2 \cdot 0,25) + 2,2 \cdot 13,41) \cdot 0,3$$

$$F_t = -10,32 \text{ N}$$

5.2.3.3. Práce potřebná

$$W = |F_t| \cdot s \quad (15)$$

$$W = |-10,32| \cdot 0,81 = 8,36 \text{ [J]}$$

5.2.3.4. Výkon motoru potřebný teoretický

$$P_t = \frac{W}{t} \quad (16)$$

$$v_u = s \cdot t = 74 [m \cdot \text{min}^{-1}] \Rightarrow v_u = \frac{74}{60} = 1,23 [m \cdot s^{-1}]$$

$$t = \frac{v_u}{s} = \frac{1,23}{0,81} = 1,52 [s]$$

$$P_t = \frac{8,36}{1,52} = 5,5 [W]$$

5.2.3.5. Výkon motoru potřebný

- Účinnost ložisek:

$$\eta_L = 0,99$$

- Účinnost převodovky:

$$\eta_p = 0,78$$

- Účinnost řemenového převodu

$$\eta_{\check{r}} = 0,96$$

- Bezpečnost

$$k = 3$$

$$P = \frac{P_t}{\eta_L^6 \cdot \eta_p \cdot \eta_{\check{r}}} \cdot k \quad (17)$$

$$P = \frac{5,5}{0,99^6 \cdot 0,78 \cdot 0,96} \cdot 3$$

$$P = 23,4 [W]$$

5.3. Volba motoru

Dle předchozích výpočtů, měření a požadavků zákazníka je zvolena úhlová převodovka s motorem SPIROPLAN® W od firmy SEW EURODRIVE. Převodovka byla navržena pomocí konfigurátoru výrobků společnosti SEW EURODRIVE na jejich webových stránkách.

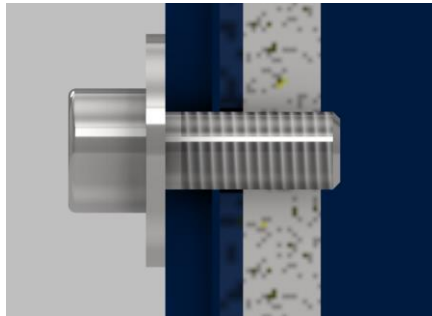
tab. 8.: Základní specifikace motoru a převodovky

Jmenovité otáčky motoru	1435	$[\text{min}^{-1}]$
Výstupní otáčky	218	$[\text{min}^{-1}]$
Výstupní kroutící moment	22	$[\text{Nm}]$
Výkon motoru	0,55	$[\text{kW}]$
Třída účinnosti motoru	IE3	

Tento dopravník by vzhledem k potřebnému výkonu a otáčkám taktéž bylo možné pohánět krokovým motorem, ale dle požadavků zákazníka je zvolen asynchronní motor s převodovkou, který bude řízen frekvenčním měničem z centrálního rozvaděče pro celou linku. Zvolený motor je vzhledem k požadavkům zákazníka na minimalizaci variant náhradních dílů předdimenzovaný, jelikož stejné motory s převodovkami jsou použity

na dalších částech dopravního systému linky. Kompletní specifikace převodovky a motoru je přiložena v příloze č.3

5.4. Kontrola zajišťovacího šroubu ve zdvihacím mechanismu dopravníku



Obr. 62: Řešený šroubový spoj

Kontrola šroubu byla provedena v programu MITCalc dle standardu VDI 2230. Bylo počítáno s maximální možnou zátěží šroubu, kterou představuje celá hmotnost dopravníku držená pouze jedním šroubem. Celý výpočtový sešit je dostupný v přílohách jako příloha č. 2. Zde následuje pouze výběr výsledků.

tab. 9.: Přehled zadaných parametrů pro výpočet šroubového spoje.

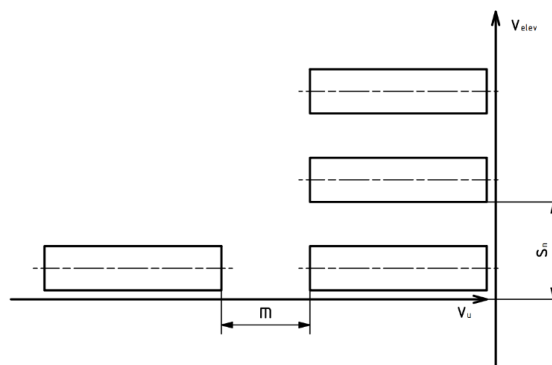
Maximální přenášená příčná síla F_r	614,3	[N]
Požadovaná bezpečnost proti bočnímu posunutí q_r	1,5	[1]
Součinitel tření v závitu μ_t	0,16	[1]
Součinitel tření v dosedací ploše pod hlavou šroubu μ_c	0,14	[1]
Součinitel tření mezi spojovanými plochami μ_q	0,20	[1]
Hodnota sednutí šroubového spoje pro 4 kontaktní spáry $\Delta L, Ra$ menší než 3,2	0,012	[mm]
Montážní faktor (součinitel utahování) α_A	1,6	[1]

tab. 10.: Vybrané výsledky kontroly šroubového spoje

Výsledná tuhost skupiny součástí přitěžovaných (šroubu) c_1	521 247,93	[N · mm ⁻¹]
Výsledná tuhost skupiny součástí odlehčovaných c_2	3 897 182,56	[N · mm ⁻¹]
Potřebné montážní předpětí spoje F_{omin}	10 044	[N]
Ztráta předpětí trvalou deformací (sednutím) spoje ΔF_{ol}	-6 436,58	[N]
Provozní předpětí spoje F'_o	9 063,42	[N]
Pevnostní kontrola šroubového spoje v provozním stavu		
Maximální provozní předpětí spoje $F_{o,max}$	15 550	[N]
Tahové napětí v jádře šroubu od provozní osově síly σ_{max}	267,27	[N · mm ⁻²]
Napětí v krutu v jádře šroubu od utahovacího momentu τ	120,56	[N · mm ⁻²]

Výsledné redukované napětí v jádře šroubu σ_{red}	286,94	$[N \cdot mm^{-2}]$
Statická bezpečnost k mezi kluzu k_S	3,14	[1]
Tlak v dosedací ploše hlavy šroubu p_{max} ($p_D = 760 [MPa]$)	146,19	$[MPa]$
Pevnostní kontrola šroubového spoje v montážním stavu		
Minimální montážní předpětí F_{omin}	15 500	$[N]$
Maximální montážní předpětí F_{omax}	24 800	$[N]$
Minimální možný utahovací moment M_{min}	26,15	$[Nm]$
Maximálně možný utahovací moment M_{max}	53,1	$[Nm]$
Tahové napětí v jádře šroubu od montážního předpětí σ_{max}	427,63	$[N \cdot mm^{-2}]$
Napětí v krutu v jádře šroubu od utahovacího momentu τ_{max}	211,24	$[N \cdot mm^{-2}]$
Výsledné redukované napětí v jádře šroubu σ_{red}	562,79	$[N \cdot mm^{-2}]$
Mez kluzu materiálu šroubu $R_e(R_{p0,2})$	640	$[N \cdot mm^{-2}]$

5.4.1. Výpočet rychlosti elevátoru přebírajícího pláště z předávacího dopravníku:



Obr. 63: Skica pro výpočet rychlosti elevátoru [Autor]

Výpočet provádíme dle této úvahy – Plášť zvedající se na elevátoru musí urazit dráhu s_n za čas, který je dán časem, za který plášť na předávacím dopravníku urazí dráhu mezery m . Z toho můžeme určit rychlost v_{elev} následujícím postupem.

$$s_n = 0,2 [m]$$

Čas t_1

$$t_1 = \frac{m}{v_u} \quad (18)$$

$$t_1 = \frac{0,12}{\left(\frac{74}{60}\right)} = 0,0972 [s]$$

$$v_{elev} \cdot t_1 = s_n \quad (19)$$

$$v_{elev} = \frac{s_n}{t_1} \quad (20)$$

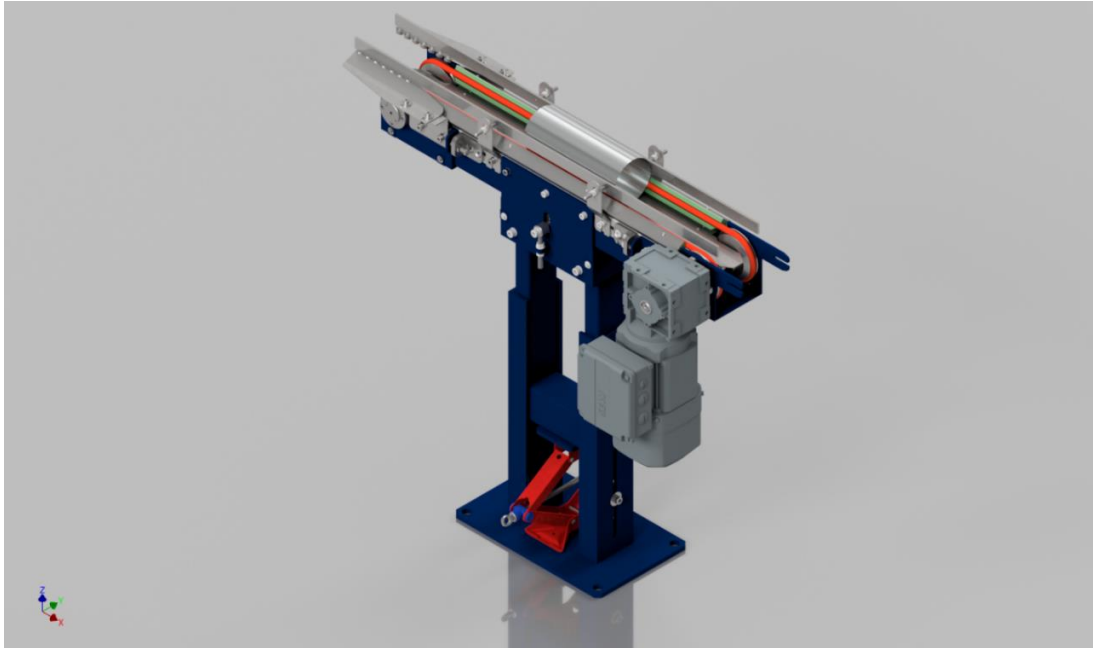
$$v_{elev} = \frac{0,2}{0,0972} = 2,058 [m \cdot s^{-1}]$$

$$v_{elev} = 123,5 [m \cdot min^{-1}]$$

6. Shrnutí a vizualizace předávacího dopravníku

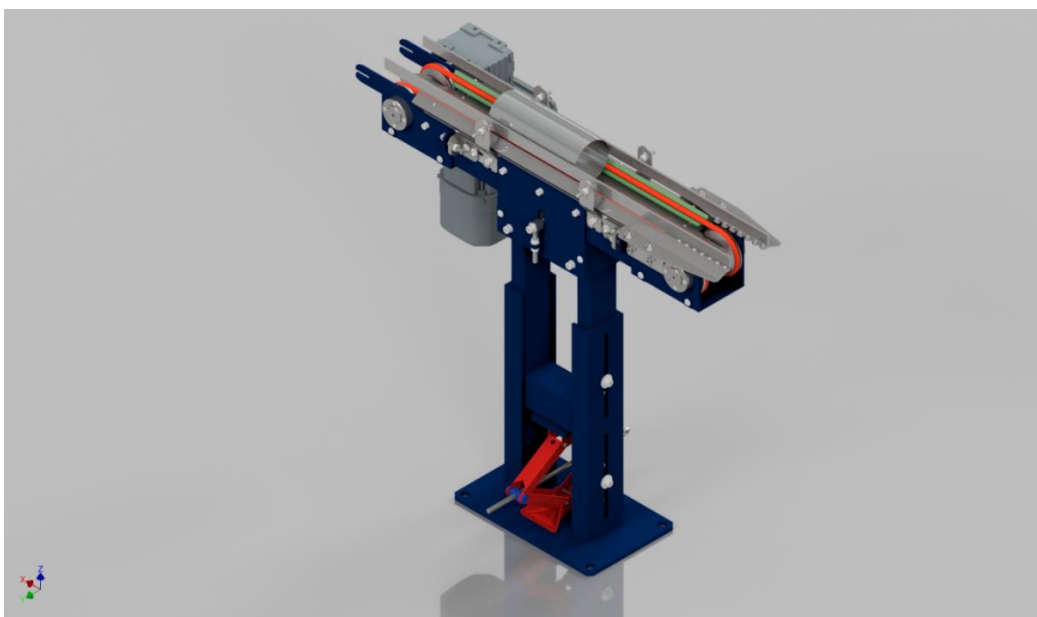
Byl vytvořen konstrukční návrh předávacího dopravníku, jenž přebere plášť plechovky ze sušící dráhy, urychlí jej, čímž zvětší mezeru mezi pláští a předá jej na vertikální elevátor.

Dopravník vychází z koncepční varianty dopravy pláště pomocí polyuretanových kruhových řemínek s vyztuženým jádrem. Zdvihací mechanismus dopravníku je řešen automobilovým nůžkovým zvedákem.

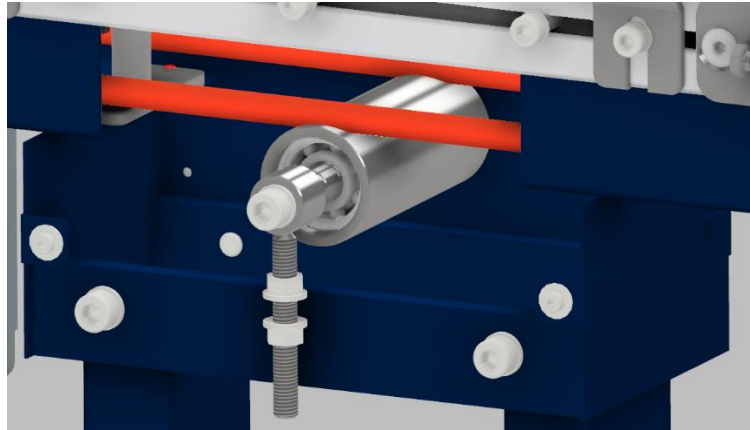


Obr. 64: Vizualizace konstrukce – pohled od pohonu [Autor]

Pohon je řešen poháněním koncové kladky, jenž je pro danou aplikaci dostačující a prostorově nenáročná. Plášť je vsazen mezi kruhové řemínky a je na nich přidržován pomocí magnetů. Tím je zajištěno držení svarového švu v původní poloze. Kruhové řemínky jsou vedeny v plastovém kluzném vedení.

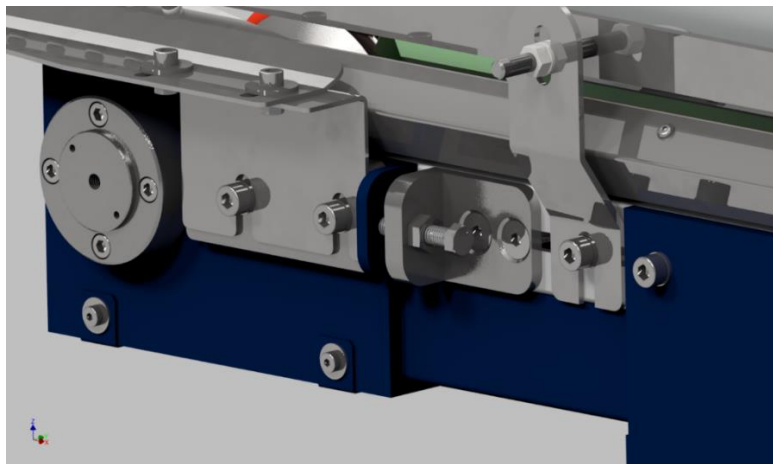


Obr. 65: Vizualizace konstrukce – pohled od přejímacích kladek



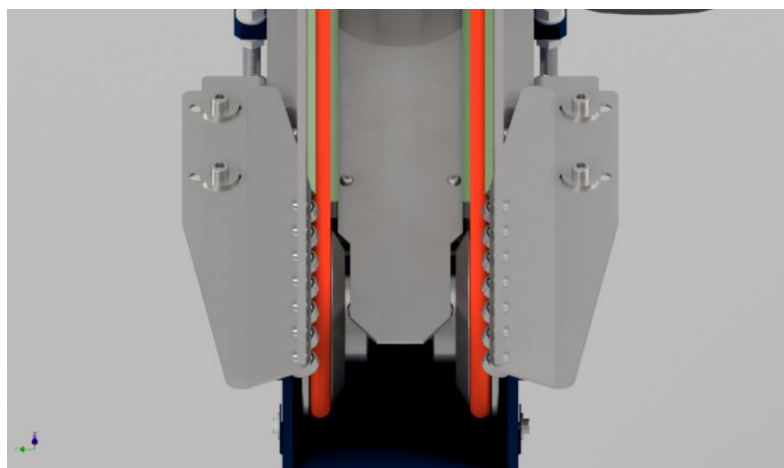
Obr. 66: Napínák pod vodorovnou částí dopravníku [Autor]

Napínání řemíneků je řešeno jak napínákem pod vodorovnou částí dopravníku, tak napínacími šrouby koncových kladek, jenž dopomáhají i při nasazování řemíneků na řemenice.



Obr. 67: Napínací šroub koncové klady [Autor]

Jelikož mají kruhové řemíčky velký poloměr otáčení, musí být zajištěno plynulé překonání mezery mezi sušící dráhou a předávacím dopravníkem. Toto je zajištěno pomocí přejímacích kladek, což jsou ložiska umístěná nad mezerou vznikající mezi dopravníky a tyto pomáhají plášti překonat tuto mezeru.



Obr. 68: Přejímací klady pro překonání mezery mezi dopravníkem a sušící linkou [Autor]

7. Závěr

Zadání této bakalářské práce pochází ze společnosti STR Praha s.r.o. Obsahem této bakalářské práce bylo vytvoření konstrukčního návrhu nového předávacího dopravníku mezi sušící linkou a elevátorem.

Návrh konstrukce předávacího dopravníku započal u teoretických rešerší. V kapitole č. 1.3 byla provedena rešerše dopravních zařízení používaných v dopravě obalů, čímž bylo provedeno rozšíření přehledu o těchto zařízeních a jejich využití. Díky těmto nabytým vědomostem mohly být navrženy jednotlivé koncepční varianty.

V kapitole č. 2 byla z vybraných koncepčních variant pomocí vícekritériálního rozhodování vybrána varianta unášení pláště kruhovými řemínky, nastavování výšky dopravníku pomocí automobilového nůžkového zvedáku a pohonu koncové řemenice.

Stavba měřícího přípravku a experimentální měření síly generované magnety na plášť plechovky byly řešeny v kapitole č. 3.1. Tuto sílu bylo třeba znát pro výpočet potřebného výkonu. Dále byly v kapitole č. 3.2. vypracovány potřebné návrhové a kontrolní výpočty pro zkonstruování tohoto dopravníku. Při vlastním návrhu bylo nutno přihlídnout k specifičnosti výrobku, který k manipulaci mezi jednotlivými výrobními operacemi vyžaduje dodržovat zásady vyplývající ze získaných zkušeností z výrobního procesu. Tyto zkušenosti byly získány pracovníky STR Praha během mnohaleté praxe a byly velmi vstřícně poskytnuty.

Návrh byl vytvořen v obvyklé formě 3D CAD modelu a 2D sestavného výkresu. Návrhové výpočty byly provedeny analyticky, kontrolní výpočty byly provedeny v softwaru MITCalc.

Všechny stanovené cíle v zadání této bakalářské práce byly splněny. Dopravník byl ve společnosti schválen jako vhodný k výrobě pro koncového zákazníka a v blízké době pravděpodobně zamíří do výroby.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A DALŠÍCH ZDROJŮ

- [1] STR Praha s.r.o. [online]. Praha: STR Praha s.r.o. [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <http://str.cz/>
- [2] POLÁK, Jaromír. *Dopravní a manipulační zařízení II*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2003. ISBN 80-248-0493-X.
- [3] Pásové dopravníky lomené. *HABERKORN* [online]. [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <https://www.haberkorn.cz/pasove-dopravniky-lomene/>
- [4] Modulární dopravníky. *ALUTEC KK* [online]. [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <https://www.aluteckk.cz/modularni-dopravniky>
- [5] Modulární dopravníky. *HABERKORN* [online]. [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <https://www.haberkorn.cz/modularni-dopravniky/>
- [6] Řemenové dopravníky. *HABERKORN* [online]. [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <https://www.haberkorn.cz/remenove-dopravniky/>
- [7] Vedení pro řemeny. *MURTFELDT* [online]. [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <https://www.murtfeldt.cz/produkty/vedeni-retezu-remenu-a-kluzne-profilu/vedeni-pro-remeny/>
- [8] Destičkové dopravníky. *HABERKORN* [online]. [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <https://www.haberkorn.cz/destickove-dopravniky/>
- [9] Destičkové článkové dopravníky. *ALUTEC KK* [online]. [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <https://www.aluteckk.cz/destickove-clankove-dopravniky>
- [10] Korečkový elevátor pásový (KEP). *KEŠNER* [online]. [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: <http://www.kesner.cz/cz/produkt/koreckovy-elevator-pasovy-kep/>
- [11] Multilift. *RK ROSE + Krieger* [online]. [cit. 2021-07-26]. Dostupné z: https://www.rk-rose-krieger.com/fileadmin/catalogue/lineartechnik/en/lt_multilift_en.pdf. Taktéž dostupné v přílohách jako příloha č. 4.
- [12] *Coefficient of friction* [online]. [cit. 2021-07-21]. Dostupné z: <https://www.tribology-abc.com/abc/cof.htm?fbclid=IwAR140IM4NKxObdavMvNtHVOQLr3rdDZSPm8pd4szqVpoMNCm2nJemJewr8>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Svařovací stroj a nanesení laku [Autor]	2
Obr. 2: Sušící linka [Autor]	3
Obr. 3: Příklad svislého pokračování linky [Autor].....	3
Obr. 4: Mezera mezi pláští na sušící lince + pozice svaru [Autor]	4
Obr. 5: Schématické znázornění dané úlohy [Autor].....	4
Obr. 6: Příklad rozložení pláštů s rozestupy [Autor].....	4
Obr. 7 : Výroba plechovek v Michli v roce 1934 [1].....	6
Obr. 8: Doprava různých druhů plechovek na magnetickém pásovém dopravníku [1]	7
Obr. 9: Doprava a manipulace se dny a víky [1]	7
Obr. 10: Lomený pásový dopravník [3].....	9
Obr. 11: Magnetický elevátor s navazujícím horizontálním dopravníkem [1].....	9
Obr. 12: Vakuový elevátor pro dna a víka [1].....	9
Obr. 13: Vakuové dopravníky: 1 – horizontální; 2 – mírně stoupající; směr jízdy víka dle žluté šipky; při předání víka mezi jednotlivými dopravníky probíhá jeho otočení [1]	10
Obr. 14: Modulární dopravník ALUTEC KK [4]	10
Obr. 15: Modulární dopravník pro dopravu twist-off vík na sklenice – na konci tohoto dopravníku probíhá seřazení vík do jedné řady a poté přeprava na magnetickém pásovém dopravníku dále do výroby, přičemž při seřazování modulární pás klouže pod víky, díky jeho odolnosti a vysoké kluznosti se neničí pás ani víka. [1]	11
Obr. 16: Řemenový dopravník s ozubeným řemenem [6].....	12
Obr. 17: Vedení kruhového řemenu v plastovém profilu s půlkruhovou drážkou [7]	12
Obr. 18: Vedení ocelových vík z pocínovaného plechu ve stohu opletenými řemeny [1].....	12
Obr. 19: Doprava papírových vík ve stohu pro tabák, kakao, a podobně [1]	12
Obr. 20: Destičkový dopravník z hliníkového profilu s plastovými destičkami [8]	13
Obr. 21: destičkový dopravník z hliníkového profilu s nerezovými destičkami [9]	13
Obr. 22: Destičkový dopravník z nerezového profilu s plastovými destičkami [9]	13
Obr. 23: Řetězový dopravník pro dopravu palet s přístřihy plechu s točnou [1].....	14
Obr. 24: Automatizovaný řetězový dopravník pro palety s hmotností do 3,5 [t]. [Autor]	15
Obr. 25: Vykládací prostor automatizovaného řetězového dopravníku pro palety s hmotností do 3,5 [t] [Autor]	15
Obr. 26: Automatizovaný řetězový dopravník pro palety s hmotností do 3,5[t]. Optická čidla snímající polohu palety (červeně). Odrazky pro správnou funkci čidel zeleně. Vedení palety (žlutě). [Autor].....	15
Obr. 27: Řetězový dopravník na pláště v nerezovém provedení pro potravinářskou výrobu [1].....	16
Obr. 28: Korečkový elevátor pásový [10].....	17
Obr. 29: Ventilátor a rozvod vzduchu k dopravníkům na víčka na žvýkácký tabák [Autor]	18
Obr. 30: Regulace množství vzduchu na výstupu z ventilátoru [Autor]	18
Obr. 31: Jet elevátor (žlutě) a následný prostor pro technologickou zásobu papírových kroužků (červeně) [Autor]	19
Obr. 32: JET dopravník pro plastová víčka [Autor]	19
Obr. 33: Automatizovaná výhybka na JET dopravníku ovládaná pneumaticky. Navazuje JET elevátor (kolmo vzhůru – stoupání cca 2 m) [Autor]	20
Obr. 34: 90° zatáčka JET dopravníku se směřovanými tryskami [Autor]	20
Obr. 35: Doprava hliníkových obalů kosmetických přípravků [Autor].....	21
Obr. 36: Doprava hliníkových obalů kosmetických přípravků [Autor].....	21
Obr. 37: Kompletní mezioperační doprava ocelových vík s manuální výhybkou [Autor].....	22
Obr. 38: Doprava pláště kbelíku uzavřeného z jedné strany pásovým dopravníkem [Autor]	23
Obr. 39: Doprava pláště kbelíku uzavřeného z jedné strany pásovým dopravníkem – pohled z druhé strany [Autor]	23
Obr. 40: Dopravník s kruhovými řemínky [Autor]	24
Obr. 41: Šířkově neregulovatelná koncová kladka řemínkového dopravníku [Autor]	24
Obr. 42: Řemenový dopravník [Autor]	25
Obr. 43: Celkový pohled na řemenový dopravník pro dopravu papírových vík ve stohu [Autor]	25

Obr. 44: Pohled na koncový hnací mechanismus řemenového dopravníku [Autor]	25
Obr. 45: Hnací mechanismus s kuželovou převodovkou [Autor]	25
Obr. 46: Motorizovaná noha od firmy RK Rose + Krieger [11]	26
Obr. 47: Zdvihací mechanismus řešený pomocí pohybového šroubu s ovládacím kolem [Autor].....	27
Obr. 48: Zdvihací mechanismus řešený automobilovým nůžkovým zvedákem [Autor]	28
Obr. 49: Zdvihací mechanismus řešený automobilovým nůžkovým zvedákem [Autor]	28
Obr. 50: Pohonná sekce pod dopravníkem – řešení pro kruhové řemínky [Autor].....	29
Obr. 51: Pohonná sekce pod dopravníkem – řešení pro kruhové řemínky [Autor].....	29
Obr. 52: Pohonná sekce pod dopravníkem – řešení pro pásový dopravník [Autor].....	29
Obr. 53: Pohon koncové řemenice [Autor].....	30
Obr. 54: Napínací šroub koncové řemenice [Autor].....	30
Obr. 55: Stavba měřicího přípravku – magnety na plechovém pásu podložené dřevěnou lištou [Autor]	36
Obr. 56: Stavba měřicího přípravku – magnety na plechovém pásu podložené dřevěnou lištou vložené v hliníkovém profilu [Autor]	36
Obr. 57: Stavba měřicího přípravku – připevnění nerezových plechů k hliníkovému profilu [Autor]	37
Obr. 58: Stavba měřicího přípravku – montáž kluzných plastů [Autor].....	37
Obr. 59: Stavba měřicího přípravku – upevnění kruhových řemínků [Autor]	38
Obr. 60: Stavba měřicího přípravku – umístění měřicího přípravku na hydraulický vysokozdvizný vozík [Autor]	38
Obr. 61: Již existující přípravek pro připevnění měřicího přístroje [Autor]	39
Obr. 62: Řešený šroubový spoj	42
Obr. 63: Skica pro výpočet rychlosti elevátoru [Autor]	43
Obr. 64: Vizualizace konstrukce – pohled od pohonu [Autor].....	44
Obr. 65: Vizualizace konstrukce – pohled od přejímacích kladek.....	44
Obr. 66: Napínák pod vodorovnou částí dopravníku [Autor]	45
Obr. 67: Napínací šroub koncové kladky [Autor].....	45
Obr. 68: Přejímací kladky pro překonání mezery mezi dopravníkem a sušící linkou [Autor]	45

SEZNAM TABULEK

tab. 1.: Tabulka kritérií a důležitosti	31
tab. 2.: Tabulka výsledného pořadí p_{ij}	32
tab. 3.: Tabulka kritérií a důležitosti	32
tab. 4.: Tabulka výsledného pořadí p_{ij}	33
tab. 5.: Tabulka kritérií a důležitosti	34
tab. 6.: Tabulka výsledného pořadí p_{ij}	34
tab. 7.: Naměřené hodnoty odtrhávací síly	39
tab. 8.: Základní specifikace motoru a převodovky	41
tab. 9.: Přehled zadaných parametrů pro výpočet šroubového spoje.	42
tab. 10.: Vybrané výsledky kontroly šroubového spoje.....	42

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1	Výkres sestavy předávacího dopravníku
PŘÍLOHA 2	Výpočet šroubu v programu MITCalc
PŘÍLOHA 3	Typový list motoru s převodovkou
PŘÍLOHA 4	Katalog motorizovaných nohou pro zvedání dopravníku
PŘÍLOHA 5	Katalog kruhových řemínků použitých na dopravníku