



Diplomová práce

Rozdělovač lahví pro kontrolní zařízení Evo 16

Studijní program:

N0715A270019 Konstrukce strojů a zařízení

Autor práce:

Bc. Vojtěch Vaňkát

Vedoucí práce:

Ing. Michal Starý, Ph.D.

Katedra sklářských strojů a robotiky

Konzultant práce:

Radoslav Holeček

O-I Czech Republic, a.s.

Liberec 2023



Zadání diplomové práce

Rozdělovač lahví pro kontrolní zařízení Evo 16

Jméno a příjmení:

Bc. Vojtěch Vaňkát

Osobní číslo:

S21000246

Studijní program:

N0715A270019 Konstrukce strojů a zařízení

Zadávací katedra:

Katedra sklářských strojů a robotiky

Akademický rok:

2022/2023

Zásady pro vypracování:

Společnost Owens-Illinois je největším výrobcem skleněných obalů na světě. V České republice má tato společnost dva závody – v Novém Sedle na Karlovarsku, kde se vyrábí barevné sklo, a v Dubí na Teplicku, kde se vyrábí sklo bílé. V současné době se na výrobní lince 21 v Dubí vyrábí 2 druhy výrobků souběžně. Pro úspěšné rozdělení produktů na linku 21A a 21B na studené zóně je nutné zajistit mezery mezi lahvemi dle požadavku zařízení IRIS Evolution 16. Pro zajištění mezer je v současnosti používán rozdělovač IRIS IR029-20SE-001, který neumožňuje použití pro lahve s větším rozdílem než 20 mm, což je pro stávající výrobu nedostatečný rozsah. Cílem diplomové práce je navrhnout rozdělovač lahví, který by splňoval požadavky mezer mezi produkty pro kontrolní automat Evolution 16 pro jakékoliv kombinace s nelimitujícím rozdílem mezi produkty.

Úkolem Vaší DP bude:

1. Provést studii linky a řešerši současných rozdělovačů lahví.
2. Zpracovat koncepční návrh rozdělovače lahví ve variantách a vybrat optimální variantu.
3. Vyhотовit model konstrukčního řešení vybrané varianty, včetně výpočtů a výkresové dokumentace.
4. Zhodnotit technické řešení a přínos předloženého řešení, včetně ekonomického zhodnocení.

<i>Rozsah grafických prací:</i>	výkresová dokumentace
<i>Rozsah pracovní zprávy:</i>	40 – 50 stran textu
<i>Forma zpracování práce:</i>	tištěná/elektronická
<i>Jazyk práce:</i>	Čeština

Seznam odborné literatury:

1. BELDA, Jaroslav. *Sklářské a keramické stroje*. Sv. 1. 2. vyd. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1994.
2. HOTAŘ V., V. KLEBSA a I. MATOUŠEK. *Technologie automatické výroby skla*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015, 318 s.
3. Výkresová dokumentace linky.
4. Manuál ke stávajícímu zařízení.

<i>Vedoucí práce:</i>	Ing. Michal Starý, Ph.D. Katedra sklářských strojů a robotiky
-----------------------	--

<i>Konzultant práce:</i>	Radoslav Holeček O-I Czech Republic, a.s.
--------------------------	--

<i>Datum zadání práce:</i>	4. listopadu 2022
----------------------------	-------------------

<i>Předpokládaný termín odevzdání:</i>	4. května 2024
--	----------------

L.S.

doc. Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Vlastimil Hotař, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 4. listopadu 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

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

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé práce panu Ing. Michalovi Starému, PhD. za cenné rady a navigování při tvorbě této práce stejně tak, jako za jeho neskonalou trpělivost s mou osobou. Také bych rád poděkoval svému kolegovi Ing. Josefu Watersovi za nápady, které mě dovedli k relativně kompaktnímu řešení konstrukce.

Rozdělovač lahví pro kontrolní zařízení Evo 16

Anotace

Diplomová práce se zabývá návrhem strojního zařízení na tvorbu mezery mezi skleněnými lahvemi, jako základ pro provedení inspekce výrobku ve studené zóně výrobní linky v závodě společnosti Owens-Illinois. V první části je provedena rešerše způsobu tvorby mezery, rozdělovačů a sortimentu vyráběných skleněných výrobků. Následně je představena výrobní linka, jejíž má být zařízení součástí, a je proveden rozbor situace. Praktická část se zabývá samotným návrhem zařízení. Jsou představeny tři varianty řešení, z nichž je jedno rozpracováno do konečné konstrukce.

Klíčová slova

Rozdělovač, karusel, šroubový mechanismus, obalové sklo, inspekce

Gapping machine for inspection device Evo 16

Annotation

The diploma thesis is focused on designing machine for creating gaps between glass bottles, as a basis for performing product inspection in the cold zone of a production line at the Owens-Illinois company plant. In the first part, research is carried out on the method of gap creation, gapping machines and a range of manufactured glass products. As next is presented and analyzed production line, in which the designed machine is supposed be included. The practical part deals with the device design itself. Three variants of the solution are presented, one of which is processed into the final design.

Key words

Gapping machine, spacer, carousel, screw mechanism, packaging glass, inspection

Obsah

1. Úvod	10
2. Rešeršní část	11
2.1 Přehled vyráběného sortimentu	11
2.2 Definice rozdělovače	13
2.3 Současné rozdělovače	13
2.3.1 Dopravníkový rozdělovač	14
2.3.2 Pásový rozdělovač	16
2.3.3 Šroubový rozdělovač	18
2.3.4 Tvarový rozdělovač	20
2.3.5 Zarážkový rozdělovač	22
2.4 Linka na výrobu obalového skla	23
2.4.1 Části výrobní linky	23
2.4.2 Skladba inspekčního úseku výrobní linky 21	24
2.4.3 Inspekční zařízení IRIS EVOLUTION 16 NEO	27
2.4.4 Rozdělovač IRIS IR029-20SE-001	29
3. Návrh zařízení	30
3.1 Rozbor situace	30
3.2 Princip rozdělování	34
3.3 Návrh rozdělovače	35
3.3.1 Koncept 1 - Šroubový mechanismus	35
3.3.2 Koncept 2 - Karuselový mechanismus	38
3.3.3 Koncept 3 - Segmentový pás	41
3.3.4 Výběr vhodného řešení	43
3.3.5 Výchozí podmínky a parametry zadání konstrukčního návrhu:	44
4. Konstrukční řešení	45
4.1 Subvarianta A - Soustava dvou sousých karuselů	45
4.2 Subvarianta B - Speciálně tvarované lůžko	46
4.3 Výsledné řešení	47
4.5 Dílčí části konstrukce	48
4.5.1 Sestava disků	48
4.5.2 Materiál	50
4.5.3 Pohon	51
4.5.4 Časování chodu	52
4.5.5 Rám	53
4.5.6 Kluziště	54
4.6 Implementace do stávající výrobní linky	56
4.7 Odhad prodejní ceny zařízení	57
5. Závěr	58
6. Seznam použité literatury	59
7. Seznam výkresové dokumentace a příloh	61

Seznam použitých zkratk

Evo	Evolution
HD	High Definition
PE	Polyethylen
PE-UHMW	Ultra high molecular weight polyethylen

1. Úvod

Cílem této diplomové práce je navrhnout efektivní způsob zvětšování mezery mezi jednotlivými vyráběnými lahvemi, a to pro lahve o velkém rozmezí vyráběných velikostí, jak ve smyslu výšky, tak zejména v rámci průměru, případně jiného jmenovitého rozměru (např. šířka u obdélníkových lahví). Jeden z navržených konstrukčních konceptů bude následně posouzením primární funkce, dodatečných funkcí a konstrukční a výrobní složitosti vybrán a bude rozpracován v kompletním konstrukčním řešení se záměrem následné výroby.





Rozdělovač má být navržen, jako náhrada stávajícího zařízení IRIS IR029-20SE-001 předřazeného inspekčnímu zařízení Evolution 16 NEO, které je součástí linky 21 v závodě v Dubí společnosti Owens-Illinois. Zdejší závod se specializuje na výrobu čirého obalového skla, respektive skleněných lahví. Důvod, proč je žádoucí nahrazení současného rozdělovače, je zvýšení výrobního výkonu a efektivity při současné výrobě více lahví různých velikostí. Výrobní část linky se skládá z řady výrobních stanic, schopných v jednu chvíli vyrábět různé druhy, velikosti a tvary výrobku. A zde nastává rozpor mezi relativní pružností výroby a výkonem inspekčního úseku linky. Současný rozdělovač (dále popsán v kapitole 2.4.4) je schopen se přizpůsobit pro lahve o relativním rozdílu průměrů do 20 mm. To má za následek, že je možné v jednu chvíli vyrábět pouze rozsah výrobků o jmenovitých velikostech o maximálně tomto rozdílu. V případě, kdy dochází ke změně vyráběného sortimentu co do velikosti, je nutné manuálně změnit rozteč mezi pásy rozdělovače a ustavit tak jiný rozsah velikostí, který bude také limitující pro možný rozptyl zároveň vyráběných lahví. Každá změna sortimentu je tedy doprovázena přerušením chodu linky a dalším nadbytečným pracovním úkonem.



2. Rešeršní část

2.1 Přehled vyráběného sortimentu

Výrobní závod v Dubí společnosti Owens-Illinois vyrábí nepřeberné množství druhů, tvarů a velikostí různých lahví, primárně pro potravinářský průmysl. V této kapitole je představen průřez napříč velkým rozsahem výrobků, a to od těch nejběžnějších, se kterými se setkáváme prakticky denně, až po konkrétní specifické výrobky určené, nejen pro skladování a distribuci, ale také jako přidaná hodnota výrobku, designová záležitost a prostředek pro upoutání pozornosti spotřebitele.

Výběr ze standardního (volného) sortimentu:

Název výrobku	Průměr [mm]	Výška [mm]	Hmotnost [g]	Tvar
165ML LAURA TO66	61,6	72,7	120	
25CL BONECO TO58	65,4	112	140	
31CL KECUP	61,2	181	190	
529ML MAYO HAMKER TO63	83,4	134,5	235	

72CL FACETTE I TO82	95,3	132,5	300	
75CL BD EX	73	317	470	

Tabulka 1 Přehled standardního sortimentu

Specifické výrobky:

Další, více zajímavé výrobky, jsou uvedeny níže. Jedná se o výběr z designového katalogu společnosti. Mimo jiné se jedná o nápojovou lahev určenou pro produkty společnosti Rudolf Jelínek a.s., resp. o lahev na slivovici, jež má jako jediná z uvedených příkladů přibližně obdélníkový půdorys a specificky tvarovaný profil.



Obr. 1 Přehled specifických výrobků

2.2 Definice rozdělovače

Rozdělovač je, ve smyslu automatizované výrobní linky, zařízení tvořící mezery mezi jednotlivými výrobky (v tomto případě skleněnými obaly), uspořádanými skupinami výrobků (např. 6pack), nebo sledem výrobků (např. 3 mezera 3 atd.).

Důvodů, proč chceme něčeho takového docílit, je hned několik. Zaprvé, a to se týká zejména skupin výrobků, může jít o přípravnou fázi balení a paletizace (vytvoření skupiny šesti výrobků, 6packu, a následné zatavení do fólie). Dalším důvodem je uspořádání pro následnou balicí, výrobní, nebo technologickou operaci (plnění lahví, lepení etiket apod.). Také to může být usnadnění přesměrování výrobků (nebo toku výrobků) na výrobní lince. V neposlední řadě se jedná o potřebu dostatečného mechanického a optického oddělení jednotlivých výrobků pro následnou inspekční úlohu, jak je tomu v případě problematiky předložené práce.

2.3 Současné rozdělovače

V současné době se pro automatizované oddělování výrobků v rámci výrobní linky používá dvou základních principů, na jejichž základě dochází k vytvoření požadované mezery. Zaprvé se jedná o vytvoření tvarové vazby mezi unášecím členem a posouvaným objektem. Druhý užívaný princip se zakládá na dosažení různých rychlostí soustavy unášecích členů.

Prakticky lze vycházet ze čtyř používaných systémů:

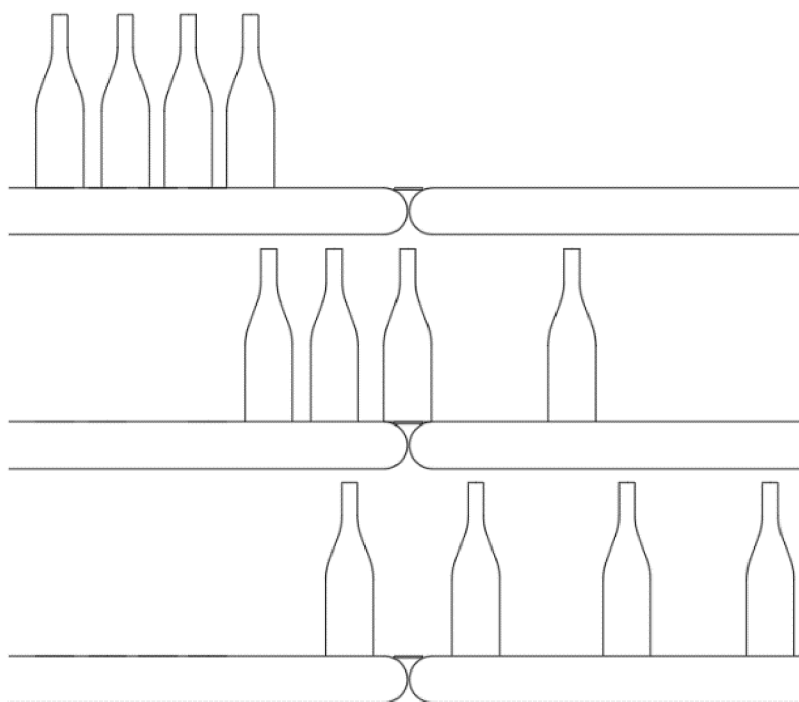
- Dopravníkový;
- Pásový;
- Šroubový;
- Tvarový
- Zarážkový.

Postup tvorby mezery se u jednotlivých způsobů výrazně liší, avšak základ zůstává stejný. Obaly se pohybují pomocí pásových dopravníků. Nejprve dojde k nashromáždění vícero kusů na jednom místě a k vytvoření shluku výrobků. Následně jsou obaly natlačeny do vedení, kterým je usměrněn tok výrobků a je umožněno seřazení jednotlivých kusů do řady za sebou. Usměrněný tok je naveden do rozdělovače, který jednoznačně definuje, nebo rozšíří, mezery mezi jednotlivými výrobky, a ty následně putují do zařízení dle určení. Během všech dílčích etap transportu a oddělování se pod výrobky permanentně pohybuje dopravníkový pás.

2.3.1 Dopravníkový rozdělovač

Jedná se o nejjednodušší z možných systémů. K vytvoření mezery mezi jednotlivými výrobky dochází na základě rozdílné rychlosti dvou na sebe navazujících dopravníkových pásů, přičemž druhý pás se pohybuje vyšší rychlostí.

Princip je prostý. Po prvním dopravníkovém pásu přijíždí v řadě za sebou skupina výrobků, mezi nimiž je minimální mezera. Ve chvíli, kdy první z výrobků najede na druhý dopravníkový pás, je odvážen vyšší rychlostí od následujícího výrobku. Takto vzniklá mezera je závislá především na poměru rychlostí jednotlivých pásů, kdy je zřejmé, že zvýšení rychlosti druhého pásu, při zachování konstantní rychlosti prvního pásu, způsobí vytvoření větší mezery a naopak. Dalším vlivem na velikost mezery mezi jednotlivými objekty bude velikost třecího součinitele mezi objektem a pásy. V případě pravděpodobné situace, že jsou oba pásy stejné, je vliv různého tření zanedbatelný. Naproti tomu v případě, kdy objekt je přilnavější ke druhému pásu, může dojít k dřívějšímu „stažení“ objektu z prvního pásu a tím, zejména u dlouhých objektů, k vytvoření výraznější mezery i při nižším rozdílu rychlostí.



Obr. 2 Princip funkce dopravníkového rozdělovače

Výhody:

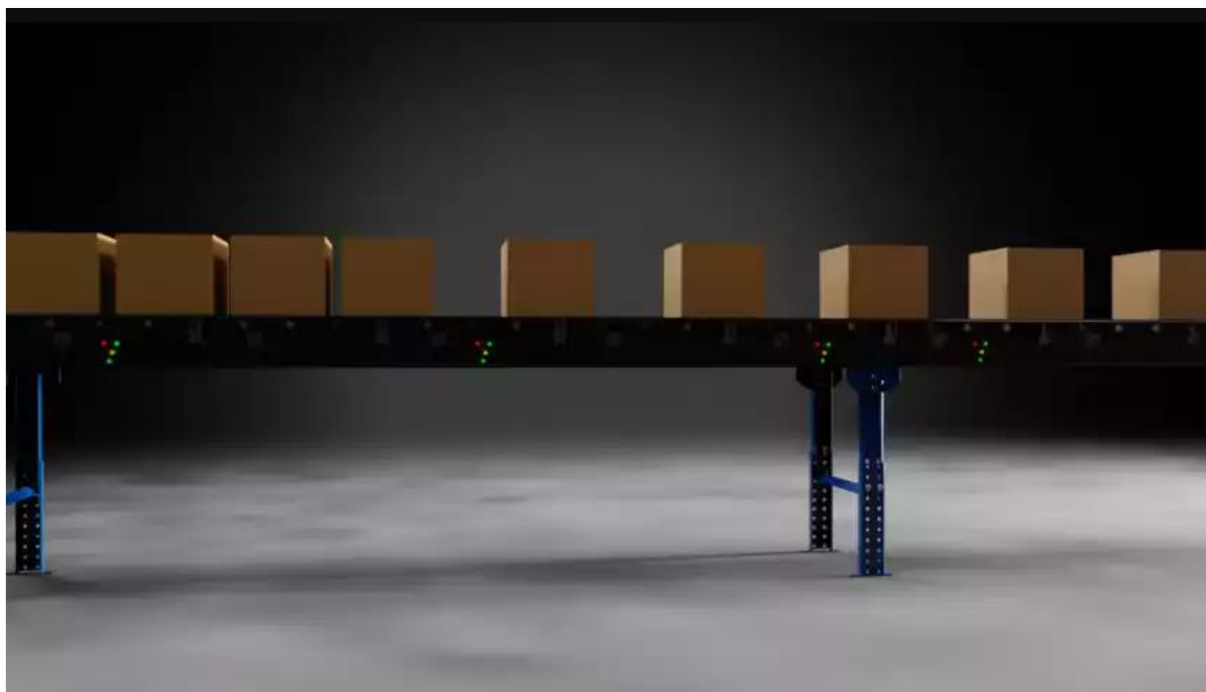
Hlavní předností tohoto systému je jeho jednoduchost a spolehlivost. Je zde možné docílit poměrně vysoké rychlosti oddělování, limitované takřka jen mezní rychlostí použitých pásů a kooperujících periferních zařízení.

Nevýhody:

Největším neduhem je náchylnost systému na stabilitu oddělovaných objektů. Při přechodu mezi jednotlivými pásy dochází k urychlení objektu, a tedy k vytvoření dodatečné síly působící v těžišti objektu, což může mít za následek ztrátu stability a pád předmětu. Toto riziko se týká zejména vyšších rychlostních rozdílů a objektů s malou základnou a vysoko položeným těžištěm (např. láhev na víno).

Další nevýhodou je nemožnost „podat“ pouze jeden objekt, kromě případů, kdy je v rámci cyklu přípustné zcela zastavit jeden, nebo oba z pásů. To ovšem opět přináší možným problém v podobě působení setrvačných sil.

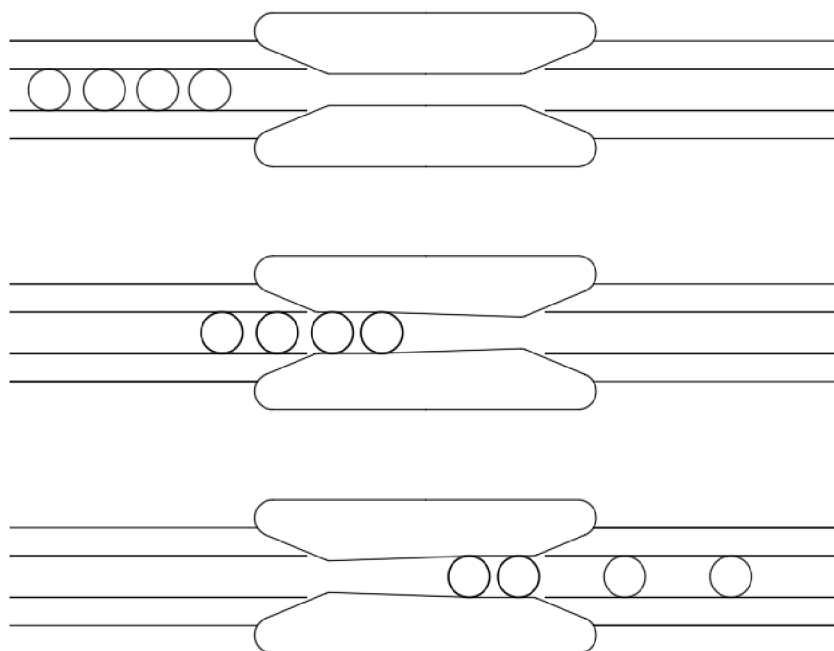
Co se týče aplikovatelnosti tohoto řešení, nastává problém s obtížnější integrací do stávající výrobní linky, jelikož lze očekávat, že v rámci linky je již dopravníkový systém integrován a může být nutné ho zcela nahradit, ať už z hlediska výkonu (posouzení rychlosti pásu vzhledem k naložení), nebo vhodnosti sestavy pásů (definování vhodného místa spojení pásů).



Obr. 3 Příklad použití dopravníkového rozdělovače

2.3.2 Pásový rozdělovač

Pásový rozdělovač je dalším rozdělovačem využívajícím rozdílný rychlostí pohybu. Skládá se ze dvou souběžně se pohybujících pásů (řemenů), pohybujících se rychlostí nižší než dopravníkový pás, které jsou z boku sérií kladek přitlačovány na výrobek. Výrobek, který jede na dopravníku, je naveden mezi pásy rozdělovače, které výrobek unášejí dále ve směru pohybu pásu a při opětovné vypuštění na rychleji se pohybující pás vytvářejí požadovanou mezeru.



Obr. 4 Princip funkce pásového rozdělovače

Výhody:

Vzhledem k nezávislosti pohybu pásů na pohybu dopravníku, je možné bez potíží rozdělování (resp. podávání) přerušit. Tato možnost dává zařízení potenciál k podání jednoho výrobku na základě potřeby ve správný okamžik (dávkovat). Zároveň, ale zastavení rozdělovače způsobí akumulaci objektů v místě před rozdělovačem. Také je umožněno, při rozdílných rychlostech pásů, rotačně symetrický předmět dle potřeby natočit.

Další značnou výhodou je možnost zabudování rozdělovače do stávající výrobní linky, jelikož není přímo závislý na primárním dopravníkovém pásu a není rozměrově dominantní.

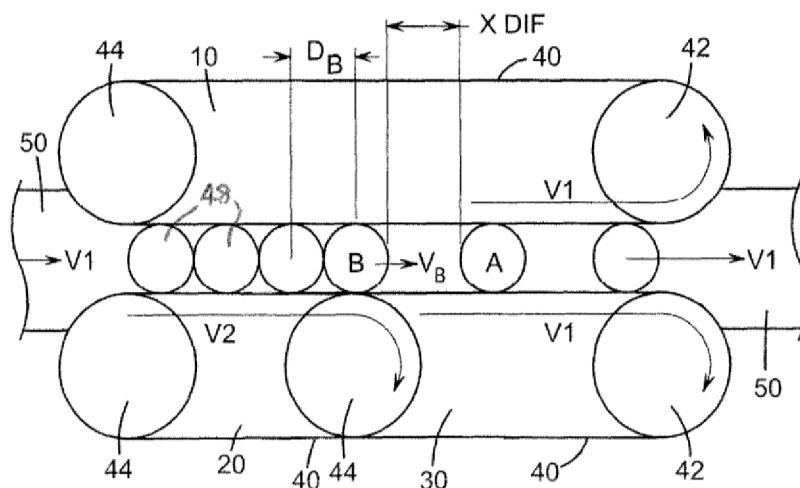
Nevýhody:

Hlavní nevýhodou tohoto systému je jeho malá adaptivita při oddělování předmětů různých velikostí. To znemožňuje na jedné lince rozdělování většího množství různě velkých předmětů. V případě stávajícího zařízení, jež je cílem této práce nahradit, se jedná o maximální rozdíl průměrů (šíře) separovaných předmětů do cca 20 mm.

Příklad použití: Patent č. EP1880774A1

„Zařízení na inspekci lahví zahrnující rozdělovací mechanismus“

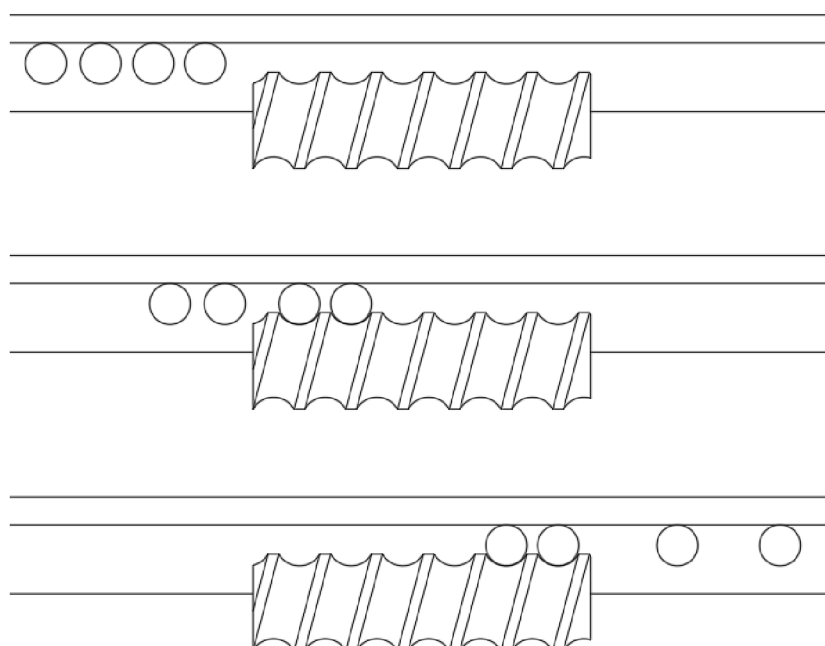
Cílem patentu bylo vytváření konstantní mezery mezi vyrobenými nádobami směřujícími do inspekčního zařízení a zajištění stability lahve při opuštění rozdělovače. Rozdělovací mechanismus je tvořen třemi samostatně poháněnými řemeny. Řemeny 10 a 30 se pohybují stejnou rychlostí s hlavním dopravníkem. Řemen 20 se může buď pohybovat nižší rychlostí, nebo být zcela zastaven (případně nahrazen nepohyblivou součástí). Při najetí mezi řemeny 10 a 20 jsou lahve unášeny sníženou rychlostí při současném odvalování vlivem různých rychlostí a je umožněna kumulace lahví v této části. Při najetí mezi pásy 10 a 30 dojde ke zvýšení rychlosti lahve na rychlost dopravníku a je odtažena od lahve po ní následující. Tímto způsobem (přidržením lahví zбоку při akceleraci) je eliminován klopný účinek rychlostního rázu, který by jinak mohl způsobit pád lahve.



Obr. 5 Patent č. EP1880774A1

2.3.3 Šroubový rozdělovač

Šroubový rozdělovač patří k nejčastěji aplikovaným typům rozdělovačů. Pracuje na principu okolo podélné osy se otáčejícího šroubu, který postupně odebírá výrobky a tlačí je vpřed pomocí speciálně tvarovaného závitu. Zvětšování mezery mezi výrobky je zde docíleno pomocí nekonstantního stoupání závitu (po celé délce, nebo v úseku šroubu je stoupání závitu zvětšováno), nebo konstantním stoupáním závitu s roztečí definovanou dle požadavku na velikost mezery. Tvar závitu je odpovídající tvaru a technologické operaci a postupně se může měnit. Různě tvarované závity mohou například umožnit, kromě základního posunutí a definování mezery, také otočení hranatých objektů a přesně tak určit polohu, ve které výrobek rozdělovač opustí. Šroub v rozdělovači se používá buď samotný, kdy je objekt přidržován v závitu pomocí postranní lišty, nebo v páru.



Obr. 6 Princip funkce šroubového rozdělovače

Výhody:

Výhodou tohoto systému je jeho poměrně snadná zabudovatelnost do stávající výrobní linky, možnost podání jednoho, nebo skupiny výrobků a vysoký rozdělovací výkon. Správně tvarovaná zakončení šroubů mohou také zajistit, v případě potřeby, rozprostření výrobků po šíři dopravníku. Vzhledem k podélně rotačnímu tvaru šroubu není nutné rozdělovač používat pouze pro objekty ve shodné horizontální rovině a kupříkladu, při použití tvarovaných vedení, lze oddělované předměty vyložit v jiné poloze a v místě mimo původní směřování dopravníku.

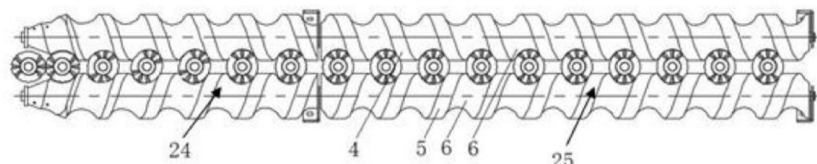
Nevýhody:

Při pohybu objektu závitem, dochází ke smýkání povrchu předmětu po závitu. Díky tomu je záhodno, aby tření na styku ploch bylo co možná nejnižší, a aby na povrchu objektů nebyly hrubé části a znečištění, které by mělo za následek poškození výrobku a povrchu šroubu a tím i snížení jeho životnosti. Další velkou nevýhodou je omezená schopnost šroubu rozdělovat různě velké a různě tvarované předměty. Další problém může nastat také při snaze rozdělovat různě vysoké předměty, a to i ekvivalentního tvaru o stejném průměru. Důvodem je rotační tvar šroubu, při kterém může vzniknout „hluché“ místo při nedostatečné blízkosti šroubu k dopravníkovému pasu, které by závit šroubu nemusel být schopen dostatečně obsáhnout. Zároveň je, při příliš nízko položeném šroubu, ohrožena stabilita vysokých lahví.

Příklad použití: Patent č. CN216837074U

„Speciálně tvarovaný mechanismus na pozicování a otáčení skleněných lahví“

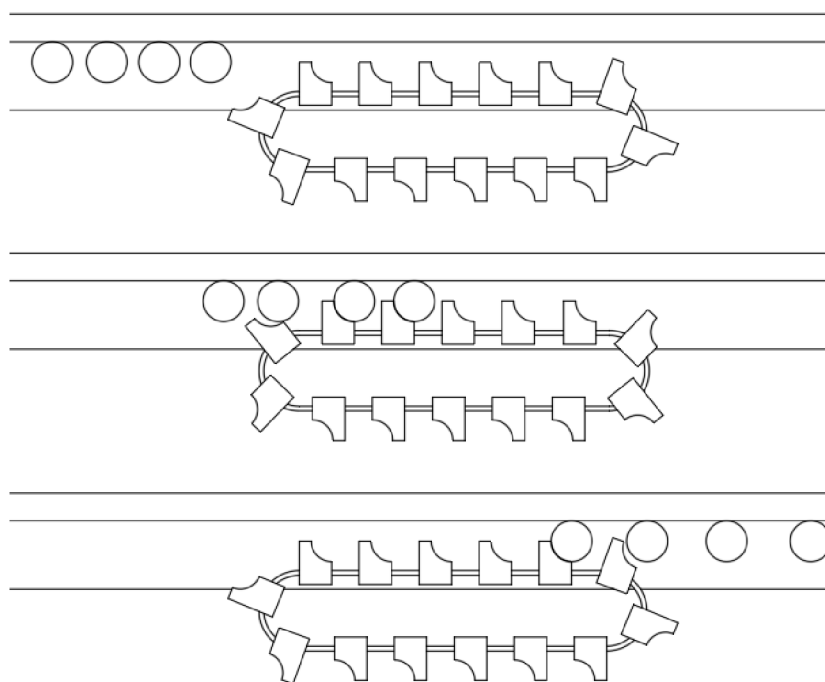
Cílem patentu bylo zvýšení efektivity a snížení finanční náročnosti na tvorbu mezery a natáčení speciálně tvarovaných lahví nahrazením senzorových (vision) systémů a manipulátorů jednoduchým mechanismem. Systém je tvořen dvěma symetrickými šrouby s vázaným pohybem rozdělenými do dvou úseků. V prvním úseku dochází k najetí lahve mezi šrouby a jejímu odebrání kuželovými zakončeními šroubů. Lahev se následně pohybuje mezi dvěma závity proměnného tvaru. Postupnou změnou tvaru dochází k natáčení lahve, dokud není vedena širší stranou ve směru pásu (natočení o 90°). Druhý úsek sestavy šroubů je určen pro tvorbu a zvětšení mezery mezi jednotlivými lahvemi.



Obr. 7 Patent č. CN216837074U

2.3.4 Tvarový rozdělovač

Jak již samotný název napovídá, tento systém využívá vytvářené tvarové vazby mezi úchopnými prvky rozdělovače a přesouvanými objekty. V principu se jedná o unašeč, který vykonává jeden, nebo dva současné posuvné pohyby, v primárním směru posuvu (obvykle ve směru pohybu dopravníku, nebo vertikálně) a ve směru k přesouvanému objektu. Nejprve dojde k přisunutí tvarového prvku na objekt, nebo skupinu objektů. Následně dojde působením síly k vycentrování objektu ve tvarovém lůžku úchopného prvku a k jeho sevření. Poté již může být objekt přesouván v žádaném směru nezávisle na pohybu dopravníku. V momentě, kdy úchopný prvek opustí objekt ve vykládacím místě, se vrací opět na začátek cyklu do uchopovací pozice.



Obr. 8 Princip funkce tvarového rozdělovače

Výhody:

Výhodou tohoto systému je, i přes jeho potenciálně značné rozměry, při vhodné zvoleném konstrukčním řešení, možnost zabudování do stávající výrobní linky. Dalším značným benefitem je vysoká produktivita a schopnost efektivně vytvářet ustálené skupiny výrobků. Jelikož je systém schopen podepírat výrobek v plné výšce, poskytuje mu značnou oporu a objekt je tak stabilní.

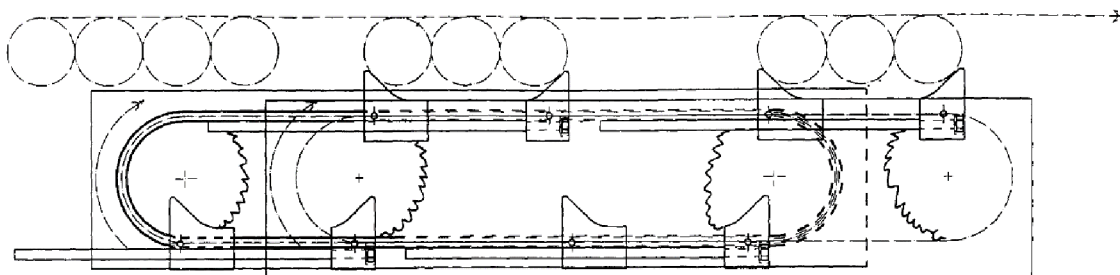
Nevýhody:

Z představených zařízení jde o nejkomplikovanější a potenciálně nejrozměrnější variantu. V případě, že se prvky rozdělovače pohybují ve stejném směru jako dopravník, je pro správnou funkci zařízení potřeba vzájemná synchronizace jejich pohybů. Pokud by se například rozdělovač pohyboval výrazně vyšší rychlostí, mohl by způsobit kolaps či poškození výrobků.

Příklad použití: Patent č. EP0709313A1

„Dopravníkový oddělovací mechanismus“

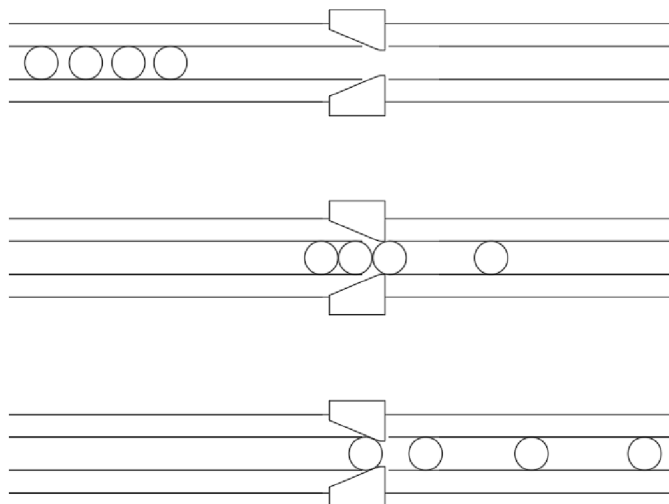
Tento patent se zabývá mechanismem na tvorbu mezery, a to zejména pro balení lahví a plechovek po skupinových baleních (tzv. multipack). Mechanismus systému je tvořen dvěma nosnými pásy se synchronizovaným pohybem. Pásy jsou vůči sobě posunuty ve směru pohybu hlavního dopravníku o přibližně velikost skupiny rozdělovačem tvořené. Každý z pásů na sobě unáší sérii tvarových lůžek, sloužících k oddělování skupiny lahví. Lůžka jsou vytvarována podle toho, na jaký konec skupiny výrobků mají přiléhat. Jeden pás vždy unáší skupinu lůžek stejného tvaru a orientace. Lůžka se pohybují po trajektorii určené pásem, ovšem během celého svého pohybu zachovávají stále stejnou orientaci vůči celku. V principu dochází k „odkrajování“ skupin výrobků zadním (vzhledem ke směru pohybu) lůžkem a současně uzavírání skupiny přením lůžkem. Poté následuje urychlený odvod skupiny ve směru pásu. V poslední fázi dochází k pohybu lůžka ve směru od pásu, a tedy k „uvolnění“ skupiny a návratu lůžek na začátek cyklu.



Obr. 9 Patent č. EP0709313A1

2.3.5 Zarážkový rozdělovač

Zřejmě se jedná o nejsnáze aplikovatelný ze zde představených rozdělovačů. V principu jde o automatickou bránu, nebo závoru, která je periodicky, nebo na základě určitého vstupního signálu, otevírána a následně opětovně bezprostředně uzavírána propouštějíc jeden kus, nebo sérii výrobků.



Obr. 10 Princip funkce zářázkového rozdělovače

Výhody:

Jde o poměrně kompaktní jednoduché řešení, snadno aplikovatelné do stávajících výrobních, či transportních linek.

Nevýhody:

Nevýhodou tohoto systému je jeho potenciálně značně náročné přizpůsobení objektům různých velikostí, kdy se může značně lišit velikost rozteče mezi dvěma po sobě jdoucími výrobky (i několika násobně). Jistou nápravu zde může skýtat použití čidel, případně kamerových systémů, sledujících sekvenci po sobě jdoucích výrobků, a dle toho následně upravit délku časového okna otevření závor, potažmo také míru jejího rozevření. V případě použití obyčejných optických senzorů by byla jejich skladba a následné vyhodnocení značně složité až nemožné, zejména pak v případě zákrytu jednotlivých výrobků při výrazně vyšší šíři koridoru pohybu oproti velikosti objektů.



Obr. 11 Přesměrovávací zařízení na lince 21

2.4 Linka na výrobu obalového skla

Pokud chceme vyrábět skleněné obaly a jiné výrobky ve velkém množství je prakticky nezbytné obrátit se na automatizovanou výrobu. Automatická výroba je zde zajištěna výrobní linkou. Jedná se o způsob masové výroby produktů s eliminovaným, nebo omezeným přímým zapojením lidí do pracovního cyklu výroby. V rámci automatické výroby skleněných obalů je přímé zapojení lidí do procesu omezeno na takřka výhradně servisní úkony, výměny forem, kontrolu výrobků nad rámec automatiky, úpravy výrobní linky, technickou přípravu výroby a surovin a na řízení a kontrolu výrobních a periferních strojů. Samotného výrobního cyklu se však pracovníci zpravidla neúčastní přímo.

2.4.1 Části výrobní linky

Pokud budeme výrobní linky považovat za jeden celek od přípravy suroviny, až po expedici, pak ji můžeme rozdělit do následujících čtyř dílčích celků:

- Kmenárna;
- Teplá zóna;
- Studená zóna;
- Balení;

Úsek přípravy materiálu (kmenárna) se stará o správnou volbu (ideální chemický mix) sklářských surovin, jejich technologickou přípravu, dávkování a o vytvoření co nejhomogennějšího sklářského kmene, potažmo vsázky. Jedná se pravděpodobně o nejdůležitější součást výrobního celku, jelikož výsledný mix surovin ovlivní výsledné mechanické, chemické, technologické a optické vlastnosti skla a skloviny. Jelikož při masové produkci skleněných výrobků je utaveno ve vanové peci obrovské množství skloviny, může dojít k odhalení chemických nedostatků (typicky výraznější zabarvení čirého skla) až v řádu několika dnů po založení sklářské vsázky do pece. Z tohoto důvodu je výrobcí, zejména v případě čirého skla, preferováno primárně použití (recyklace) vlastních střepů.

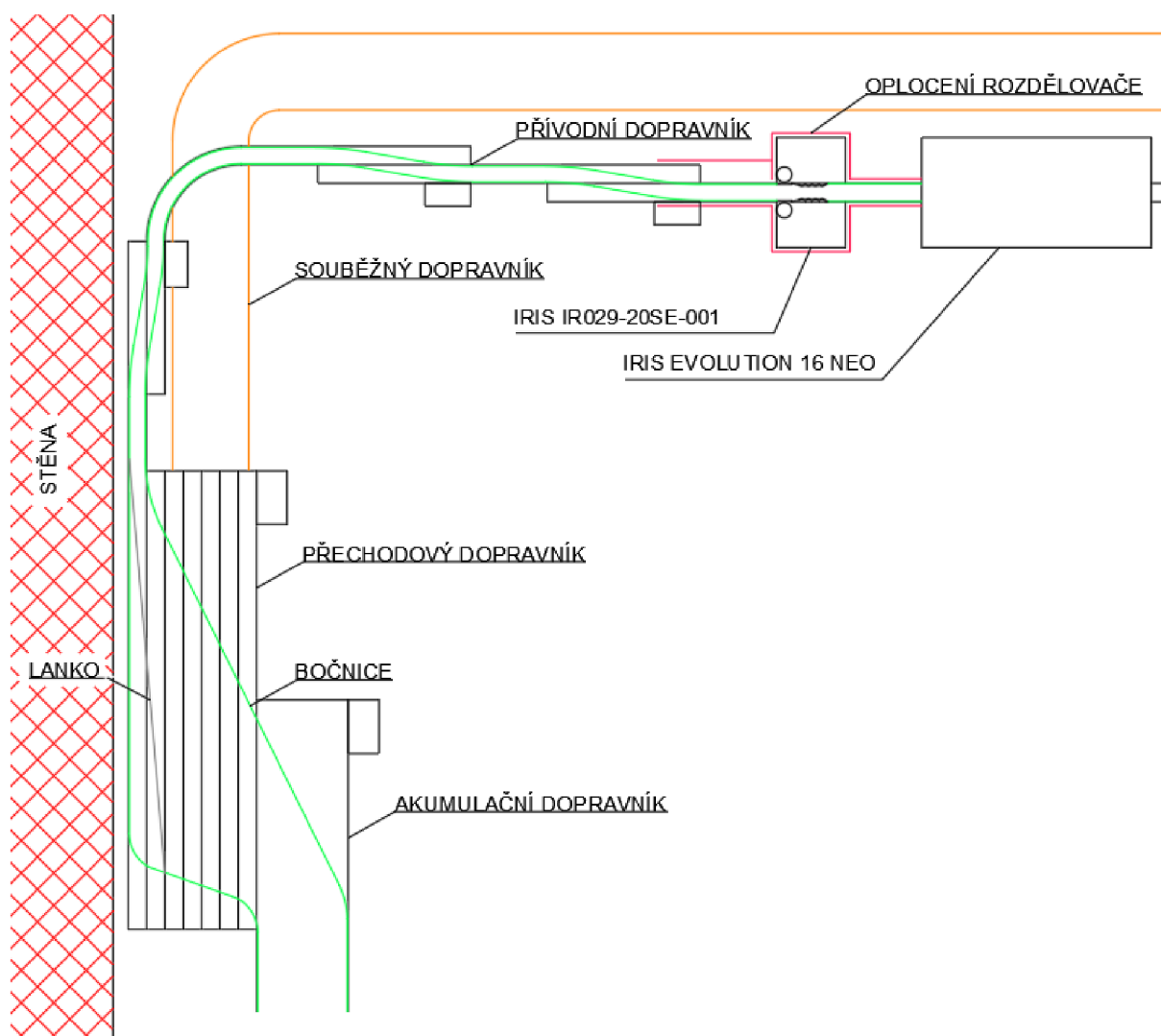
Teplá zóna je úsek výrobní linky, kde dochází k roztavení sklářského kmene, následovaného temperací, míšením, čeráním a dávkováním skloviny. Sklovina je poté nasměrována do jednotlivých výrobních strojů, kde je následně vytvarována do požadovaného tvaru. Vzhledem ke stále relativně nízké viskozitě je zde také prvotně ochlazena pro zachování formovaného tvaru.

Studená zóna zajišťuje správný chladicí postup, tak aby byly zajištěny náležité žádané finální vlastnosti výrobku. V další své části se poté stará o uspořádání a přepravu výrobků, jejich kontrolu a o případné, kupříkladu zušlechťovací, operace.

2.4.2 Skladba inspekčního úseku výrobní linky 21

V úseku výrobní linky zobrazeném na obr. 12, dále jen inspekční úsek, jsou pro přehlednost definovány čtyři různé typy dopravníků. Jedná se o dopravníky: akumulční, přechodový, přívodní a souběžný. Dále jsou dotyčné dopravníky představeny v pořadí, v jakém následují ve směru od výrobního úseku po expedici, tedy v posloupnosti, v jaké je na ně naveden výrobek.

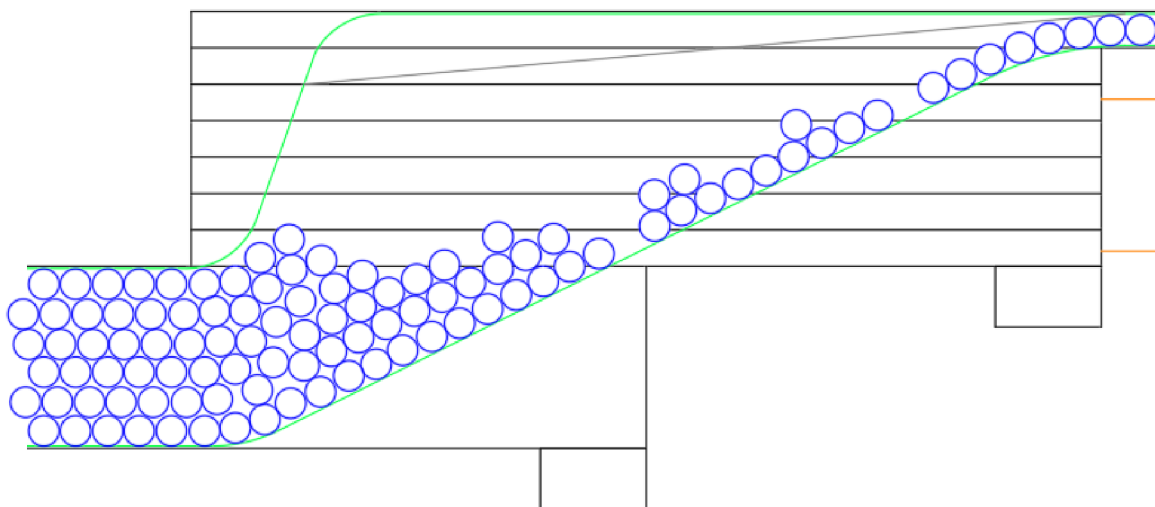
Následující schémata přibližně ukazují rozestavení inspekčního úseku linky v místě před inspekčním zařízením, skladbu dopravníků, přibližné chování toku lahví (pohyb vždy zleva doprava) a nastiňují zastavěný prostor se sníženou využitelností pro umístění rozdělovače.



Obr. 12 Schéma inspekčního úseku

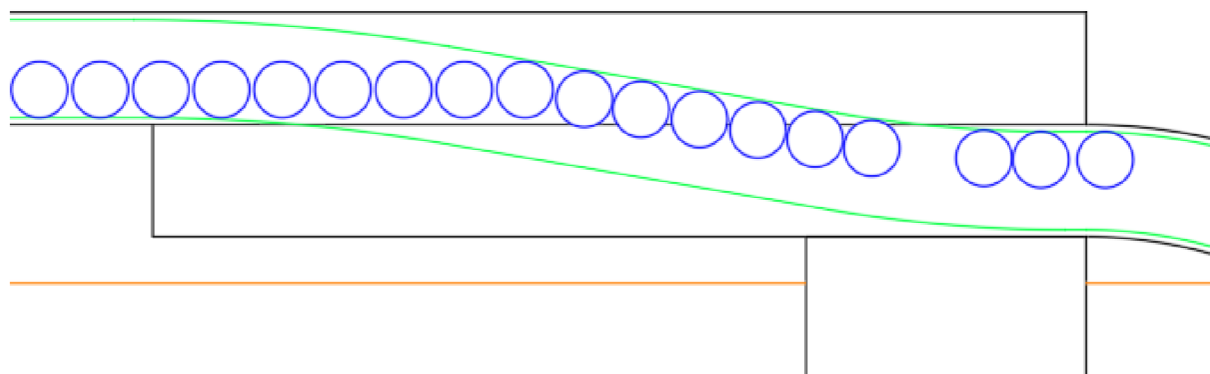
Po vyrobení jsou lahve ve skupinách přesouvány na dopravníku skrze chladicí pec a následně přiváděny do inspekčního úseku linky. V případě výroby více lahví jsou tyto během pohybu konstantně mezi sebou míšeny a nepohybují se v homogenních skupinách. Zde můžeme hovořit o jisté schopnosti systému hromadit, akumulovat, lahve. Kromě jisté úspory místa a zjednodušení systému (stačí jeden kratší širší pás), zde vzniká výhoda v minimalizaci parazitního prostoru, zabraňující pádu jednotlivých lahví (lahve v případě ztráty rovnováhy nemá prostor kam spadnout a místo toho se opře o ostatní). Vyjma rizika pádu jednotlivé lahve je tím i minimalizována šance vytvoření dominového efektu. I v případě, kdy by dominový efekt vznikl v části linky navazující na akumulací dopravník, je tento lokalizován pouze na tuto oblast (případně oblasti mezi) a nahromaděné lahve na akumulacím dopravníku tvoří „narázník“ zabraňující šíření stavu.

Akumulací lahví také vzniká zásoba, z níž jsou lahve postupně odváděny a rozprostírány do řady za sebou. Děje se tak na přechodu mezi akumulacím a přívodním dopravníkem. Rozprostření je docíleno přehrazením (přesměrováním) toku lahví, kdy proud naráží na skluz (příčně umístěné vedení, viz obr. 13) a „stéká“ šikmo ke směru chodu pásu, čímž se dostává do přívodní části dopravníkového systému. Přechodový dopravník navazuje na akumulací z boku a je tvořen sedmi úzkými souběžně se pohybujícími pásy, z nichž jeden, ze strany opačné akumulacím dopravníku, je vyveden dále než ostatní a slouží, jako první část skladby úzkých jednopásových přívodních dopravníků. Podél délky přechodového úseku je vedeno lanko sloužící k bezpečnému navedení výrobků do přívodního úseku.



Obr. 13 Chování toku lahví na přechodovém dopravníku

Přívodní část skladby dopravníků inspekčního úseku slouží jednak pro přívod jednotlivých předem seřazených lahví do inspekčního zařízení a dalších částí linky, a jednak pro srovnání a nasměrování toku lahví. Proces rozprostření obdobný tomu mezi akumulacím a přívodním úsekem, se několikrát v menším měřítku opakuje v místech přechodů jednotlivých dopravníků (viz obr. 14), a je tak docíleno relativního seřazení lahví za sebou po délce pásu, a to i s vytvořením malých nepravidelných rozestupů. V místě přechodu mezi jednotlivými dopravníkovými pásy jsou lahve za pomoci bočních lišt pozvolna navedeny jednoho pásu na druhý. To se děje za konstantní rychlosti, kdy nedochází k rizikovému rychlostnímu rázu, při kterém by hrozil pád lahve.



Obr. 14 Chování toku lahví na přechodu mezi dopravními pásy

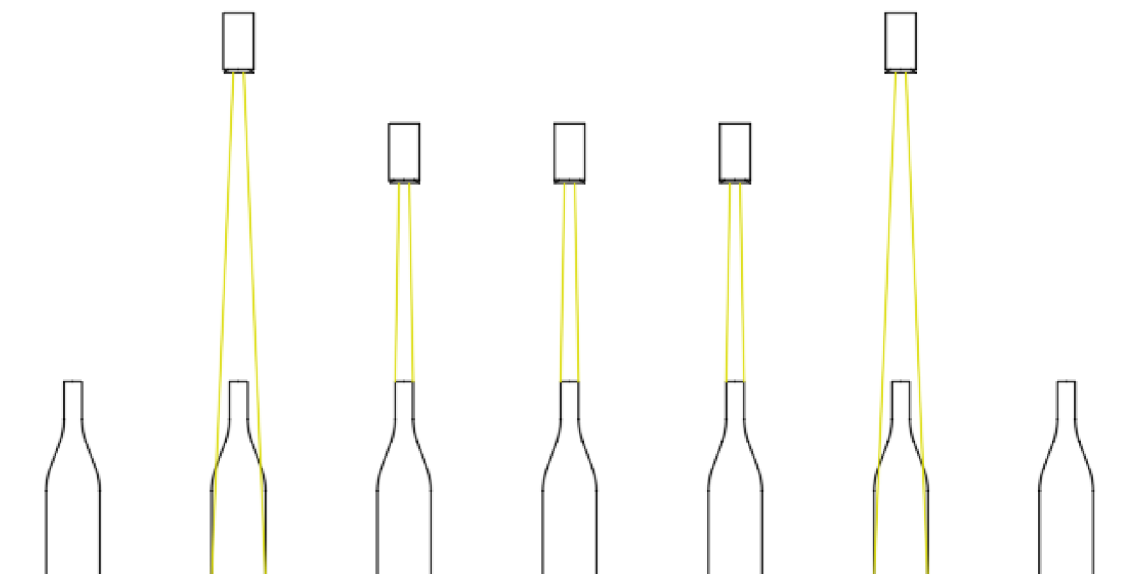
Souběžný pás slouží k odvodu vyřazených vadných, či vypadnuvších výrobků. Pohybuje se podél hlavních dopravníkových pásů výrobní linky a je umístěn do níže poležených prostor, a to v takové výšce, že je schopen se pohybovat i pod samotnou linkou. Tento stav je výhodný vzhledem k minimalizovanému zastavbovému prostoru v okolí linky, a tedy je možno souběžný pás možno bez větších potíží překlenout v případě, kdy by bylo záhodno umístit rozdělovač do půdorysné pozice s níž se pás kříží. Samotný pás dopravníku je umístěn pod úroveň horní části rámu a nelze předpokládat, že by unášené lahve přesahovaly horní okraj rámu.

2.4.3 Inspekční zařízení IRIS EVOLUTION 16 NEO

Nejdůležitějším prvkem inspekční sekce studené zóny linky na výrobu obalového skla je samozřejmě inspekční zařízení. V tomto případě se jedná o výrobek společnosti IRIS. V sortimentu společnosti lze v základu nalézt tři jednotlivá zařízení určená k inspekci skleněných nádob, těmi jsou:

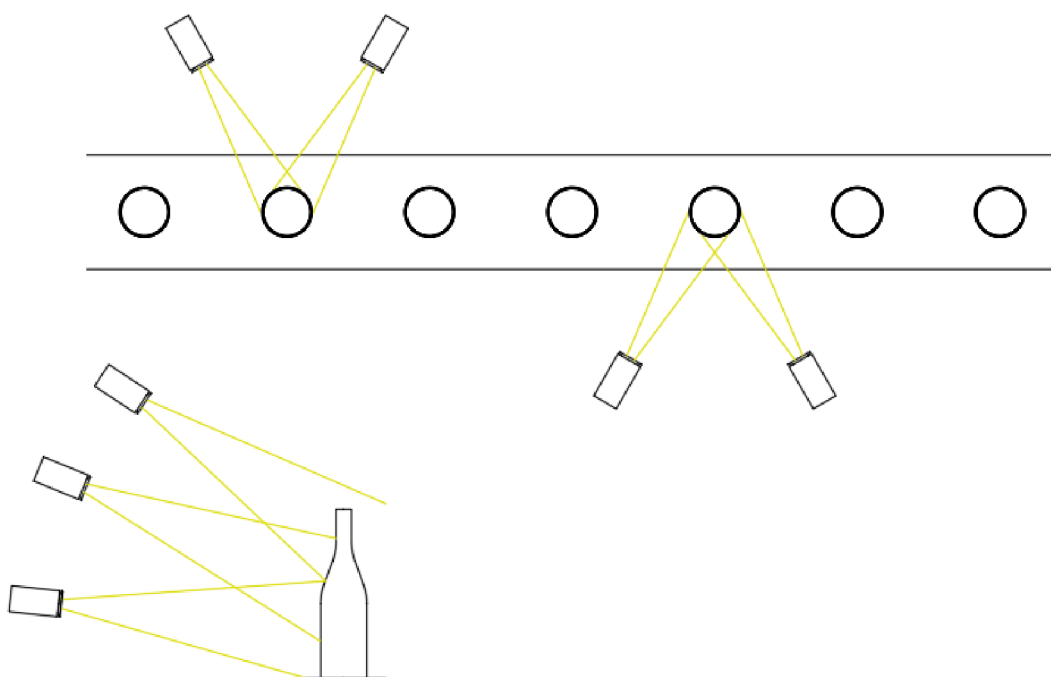
- Evolution 5 NEO;
- Evolution 12 NEO;
- Evolution ULTIMATE NEO;

Zařízení Evolution 5 NEO je určené pro inspekci dna a hrdla lahve. Principiálně jde o soustavu pěti kamer umístěných svisle nad osami projíždějících lahví. Tři kamery jsou určeny pro kontrolu hrdla lahve a dvě pro inspekci dna. Kamery jsou vybaveny speciálními širokoúhlými čočkami, které umožňují ideální přesnost inspekce dna i při relativně velké výšce výrobku.



Obr. 15 Princip Inspekčního zařízení Evo 5

Evolution 12 NEO slouží k inspekci stěn obalového skla. Je vybaveno 12 HD kamerami, které snímají povrch z různých úhlů (tři vertikálních a čtyř horizontálních). Snímání povrchu pod úhlem k průběžnému dopravníkovému pásu je právě důvodem, proč je nutné od sebe jednotlivé výrobky oddělit, jelikož příliš nízký rozestup mezi lahvemi, neřkuli jejich dotyk, by mohl mít za následek nedokonalé sejmutí povrchu, nebo dokonce optické splynutí jednotlivých lahví. Stávající zařízení, kterému je předřazený nahrazovaný rozdělovač, je iterací právě Evolution 12 NEO. Rozdíl mezi těmito dvěma inspekčními zařízeními, Evo 12 a Evo 16, je přidání dalších čtyř kamer, které slouží pro vyhodnocování vnitřního pnutí v materiálu. Zařízení vyhodnocuje 5 geometrických vlastností: vertikality, deformaci stěn, deformaci ústí, rozměry, rozložení skla v základně. Mimo jiné je schopno rozpoznání a kontroly gravírování. Kromě dodatečné kontroly pnutí, lze zařízení upravit pro použití pro vysoké výrobky (výška až 600 mm, průměr až 200 mm), či pro inspekci černého skla. Evo 12/ 16 je v jednu chvíli schopné provádět inspekci až šesti různých druhů výrobků.



Obr. 16 Princip Inspekčního zařízení Evo 12

Evolution ULTIMATE NEO je určené specificky pro inspekci stěn flakónů pro parfémy, kosmetiku a pro stolní sklo, kde je činěn vysoký nárok na optickou kvalitu výrobku. Docílí toho za pomoci až 18 HD kamer.

Všechny z těchto inspekčních zařízení využívají pro posouzení defektů, zdrojů defektů a kritičnosti situace umělou inteligenci. Po sejmutí povrchu jsou snímky vyhodnocovány a po nalezení závažných vad jsou dotyčné výrobky vyřazeny. Ovládání je zajištěno, jak za pomoci vestavěné dotykové 21,5" obrazovky, tak i pomocí vzdáleného přístupu, díky čemuž může být bezprostředně po vyhodnocení výrobku informována obsluha výrobních strojů pro přijetí adekvátních opatření.

2.4.4 Rozdělovač IRIS IR029-20SE-001

Stávající rozdělovací zařízení IRIS IR029-20SE-001 je stejně jako série zařízení Evolution výrobkem společnosti IRIS. Jak bylo zmíněno již v úvodu, toto zařízení je schopné pracovat v rámci jednoho seřízení pouze v dynamickém rozsahu 20 mm. Chod zařízení odpovídá představenému principu pásového rozdělovače přiblíženého v kapitole 2.3.2.



Obr. 17 Současný rozdělovač IRIS

Pracovní část stroje je umístěna nad pás dopravníku a je složena ze dvou částí. Jednotlivé pracovní části zařízení se nachází naproti sobě na bocích dopravníku a vytvářejí mezi sebou úzký regulovatelný koridor, v němž dochází k přesouvání lahví. Samotný koridor je ohraničen dvěma řemeny, přidržovanými zde sérií čtyř kladek s vertikální osou rotace. Kladky jsou umístěny posuvně (ve směru kolmém na rovinu chodu lahví) a slouží pro vytvoření nepřerušovaného přitlaku mezi řemenem a přesouvanou lahví. Kladky jsou při chodu přesouvanými lahvemi odtlačovány směrem od pásu dovnitř stroje. Kromě přitlačných kladek je zařízení doplněno dalšími třemi kladkami zaručujícími správný úhel chodu řemenů a jeho předpětí. Pohyb přitlačných kladek je spřažen s pohybem napínacích kladek, vytvářejících zároveň dostatečné předpětí řemene pro spolehlivý nepřerušovaný chod a zároveň umožňující řemenům jistou pohyblivost pro správné a bezpečné obepnutí lahve. Řemen je poháněn řemenicí uchycenou na výstupní hřídeli nad strojem vertikálně umístěného elektrického pohonu.

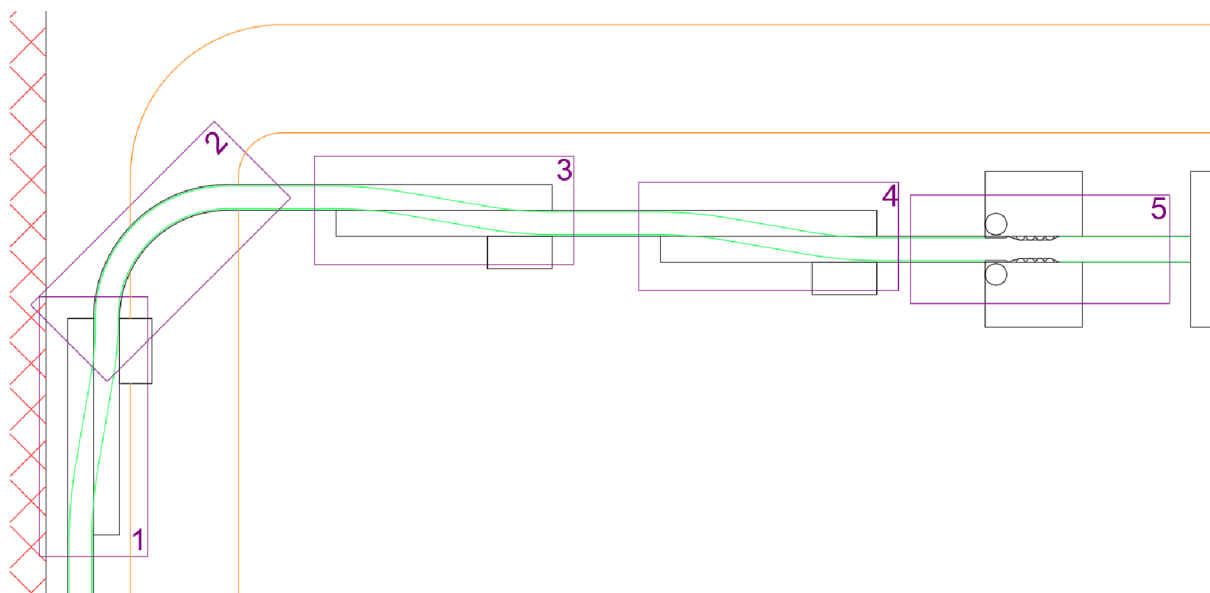
Správnou pracovní polohu zařízení je možné nastavit ve dvou směrech, vertikálně pro ladění optimální uchopovací transportní pozice a horizontálně, kolmo ke směru pohybu pásu, pro přizpůsobení aktuálně potřebné vzhledem k rozsahu velikostí právě vyráběných lahví.

3. Návrh zařízení

3.1 Rozbor situace

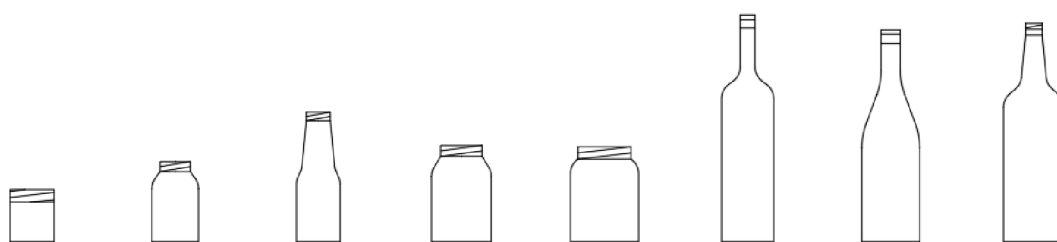
Jedním z hlavních rizik při návrhu rozdělovacího zařízení je ztráta stability lahve (pád v prostoru rozdělovače nebo dopravníku). Pád lahve by mohl zapříčinit nejen rozbití spadlé lahve, nebo její zaklínění v systému a zastavení či zpomalení linky, ale také tzv. dominový efekt, tedy následoval by pád dalších lahví v sérii. V rámci stability lahví je třeba přihlídnout zejména k rozložení hmoty napříč lahví (poloze těžiště), ke tvaru a velikosti dna lahve, k velikosti tření mezi dnem lahve a povrchem dopravníkového pásu, k místům a velikostem dodatečného silového působení (dotyk s vedením, lahvemi, rozdělovačem apod.) a k samotnému pohybu dopravníku, jehož pohyb lze ovšem považovat za rovnoměrný přímočarý, a tedy vnášející pouze nepatrné silové působení, vyjma síly odstředivé působící primárně v místech bočního přechodu mezi jednotlivými pásy a v místě oblouku pásu. Jelikož je záměrem vyrábět současně vícero druhů lahví z rozsáhlého sortimentu o různých tvarech a velikostech, a tedy i hmotnostech, je třeba při návrhu zařízení na tento fakt brát ohled a uzpůsobit odebírací body (body dotyku) pro všechny potenciální varianty pro zaručení dostatečné stability lahví a bezpečnosti chodu linky.

Určitá rozložitost a návaznost jednotlivých pásů skýtá možnost umístění rozdělovače do vícero pozic (viz obr. 18). Je zde možné využít specifických vlastností úseků dopravníku, jako přechodu mezi pásy (oblasti 1, 3 a 4), kde se lahve pohybují pod úhlem vůči hlavnímu směru pohybu, nebo oblouku dopravníku (oblast 2), který dává možnost současného pohybu lahve po kružnici působením jak pásu, tak rozdělovače. Oblast 5 vyznačuje místo rovného úseku linky, kde je umístěn současný rozdělovač.



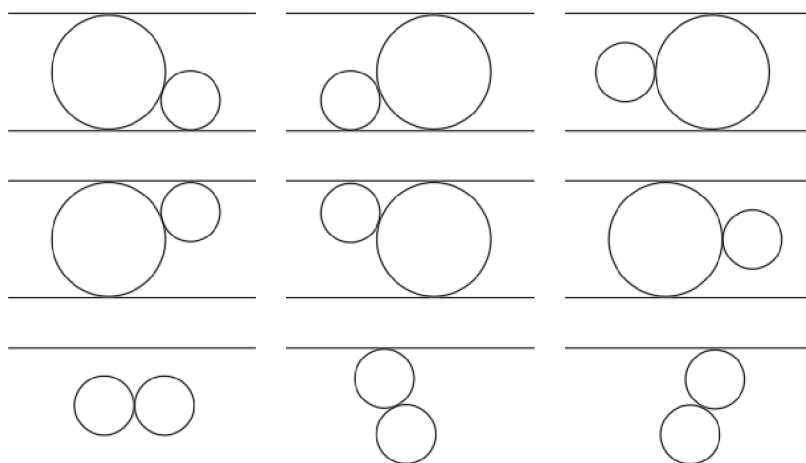
Obr. 18 Přehled možných pozic rozdělovače

Jak již bylo avizováno dříve, navrhovaný rozdělovač by měl být schopen pojmut celou škálu výrobků o různých velikostech a tvarech. Obrázek 19 zobrazuje přímé porovnání velikostí a tvarů vybraných vyráběných lahví. Největší komplikací návrhu zařízení je právě tato rozmanitost. Jelikož je nejmenší vyráběná lahev bezmála poloviční oproti lahvi největší (průměry 53,3 mm a 102 mm), hrozí riziko, že se dvojice/ série dvojic menších lahví ocitne takřka vedle sebe po šířce pásu, jelikož boční vedení lahví musí být uzpůsobeno největšímu průměru, a to s dostatečnou vůlí při okrajích umožňujících bezproblémový pohyb. Takovéto přiblížení malých lahví může mít za následek, že dotyčné lahve současně vniknou do lůžka/ závitů rozdělovače a následně jej stejným způsobem opustí při vytvoření nedostatečně velké mezery.



Obr. 19 Srovnání velikostí a tvarů vyráběných lahví

V případě, kdy dojde k akumulaci lahví na vstupu do rozdělovače, nebo dojde-li k nedokonalému rozprostření lahví po pásu při přechodu mezi jednotlivými dopravníky, může nastat řada kombinací lahví vstupujících do rozdělovače, zde jsou ukázány extrémní situace dvojic lahví:



Obr. 20 Možné extrémní kombinace dvou lahví ve vedení dopravníku

Je zřejmé, že kromě vyobrazených kombinací největší a nejmenší lahve (dvojic nejmenších lahví) může nastat i řada kombinací těchto stavů (například dvojice malých mezi dvěma velkými, čtveřice malých apod.).

V následující části jsou představeny možné očekávatelné rizikové situace, jejich následky a možná řešení v oblasti konstrukce a řízení:

1. Vniknutí více lahví do jednoho lůžka/ stoupání závitu

možný následek:

- vytvoření minimální rozteče lahví na výstupu z rozdělovače
- špatné snímání jednotlivých lahví (ignorování výrobku, nebo jeho zbytečné vyřazení)

možné řešení:

- menší lůžko
- zabránění akumulace
- více fází rozdělování (vytvoření malé mezery před vstupem do hlavního rozdělovače)
- zvýšení rychlosti rozdělovače

2. Natlačení jednoho/ více výrobků do zúženého místa

možný následek:

- poškození, až rozdrčení lahve
- zabránění dalšího chodu zařízení (zaseknutí)
- poškození dalších lahví, stroje, nebo příslušenství
- znemožnění vnikání dalších lahví do rozdělovače

možné řešení:

- zabránění akumulace lahví před rozdělovačem
- použití tvarovaného vedení (úprava náběhu do rozdělovače)
- úprava způsobu pohybu rozdělovače
- aplikace pružných prvků
- úprava tvaru a velikosti lůžka/ závitu a přechodu mezi nimi

3. Špatné natočení hranatých lahví na výstupu z rozdělovače

možný následek:

- snížení stability lahve (možnost pádu)
- chybné rozpoznání lahve
- chybné vyhodnocení vad

možné řešení:

- výběr jiného tvaru lůžka/ závitu
- aplikace pasivního tvarového výběhu z rozdělovače

4. Nezdařilé vniknutí lahve do lůžka/ závitu podavače

možný následek:

- zabránění vniknutí dalších lahví do rozdělovače
- akumulace lahví na vstupu (následný vznik dalších rizikových situací)
- zpomalení inspekčního úseku, a tedy celé linky
- poškození lahve kontinuálním omíláním
- dlouhodobé setrvání dané lahve v místě

možné řešení:

- hlubší lůžko/ závit
- jiný tvar opěrné části lůžka/ závitu
- úprava tvaru vedení
- silnější přitlak lahve na rozdělovač
- snížení rychlosti rozdělovače

5. Ztráta stability lahve

možný následek:

- destrukce lahve
- vypadnutí lahve z linky
- zablokování chodu lahví a rozdělovače
- pád množství dalších lahví (dominový efekt)

možné řešení:

- úprava/ přidání bodů dotyku
- snížení rychlosti pohybu rozdělovače

3.2 Princip rozdělování

Relativně konstantního rozestupu lahví lze docílit takřka pouze jejich naakumulováním na vstupu do rozdělovače (jinak by mohlo docházet k tvorbě různých rozestupů, případně k celkové absenci výrobků v řadě za sebou), což se ovšem může stát zdrojem celé řady potíží, jako zasekávání lahví napříč pásem, či pro správnou funkci neideálního rozmístění lahví. Akumulace lahví před rozdělovačem, navíc také ruší výhodu předem vytvořených rozestupů, vzniklých při přechodu z akumulární části sestavy dopravníků do části přívodní. Pravidelnost rozestupů lahví ovšem, přestože žádoucí, neměla by být podmínkou správného chodu inspekčního zařízení, a to zejména s přihlédnutím k faktu, že je zařízení schopno rozlišit na jedno nastavení až šest různých druhů výrobků, a tedy podmínkou správné funkce musí být schopnost rozlišit jednotlivé artikly podle jejich snímků.

Při tvorbě mezery můžeme volit principiálně ze dvou různých způsobů. Jednou z možností je mechanické odtažení lahví od sebe. Toho lze docílit, buď oddělením jedné lahve od skupiny a jejím odváděním za konstantních podmínek (viz příklad tvarového rozdělovače z kapitoly 2.3.4), nebo plynulým zvětšováním rozteče v rozdělovači (např. šroubový rozdělovač s proměnným stoupáním závitu). Druhým principem je využití rozdílu rychlostí pohybů dopravníků a rozdělovačů. Pokud bychom chtěli využít jen současné sestavy dopravníků a pouze upravit jejich vzájemné rychlosti, došlo by kromě rizikové aplikace dodatečné setrvačné síly, také k „podtržení“ lahve rychleji jedoucím pásem, což by způsobilo další silové zatížení a otáčení lahví, problematické zejména u lahví plochých.

Jelikož je žádoucí nevytvářet zbytečně zásobu lahví před rozdělovačem, jeví se jako žádoucí, aby byly lahve odvedeny okamžitě, nebo co nejdříve poté, co se dostanou k rozdělovači. Je tedy namístě dotyčnou lahev odebrat buď rychlostí pohybu dopravníku, nebo rychlostí vyšší.

V případě, kdy budeme chtít využít zpomalení lahve rozdělovačem (urychlení odvodu lahve na výstupu z rozdělovače při rychlosti chodu dopravníku stejné jako na vstupu), je třeba, aby byla zvětšena dráha pohybu, kterou musí přepravovaná lahev vykonat v rozdělovači oproti dráze, kterou by urazila při pohybu po samotném dopravníku. Pokud toho docílíme, nemělo by dojít k nadbytečné akumulaci lahví na vstupu do rozdělovače.

V případě situace, kdy budeme chtít vytvořit mezeru krátkodobým urychlením pohybu lahve vůči dopravníku, dojde pouze k seřazení lahví za rozdělovačem. Důvodem je, přes zřejmé rychlé odebrání lahve a vytvoření mezery, opětovné vyložení lahví na pás pohybující se původní rychlostí. Pro lepší představu lze nastalou situaci přirovnat ke dvěma za sebou jedoucím totožným automobilům. V modelové situaci se automobily pohybují po silnici maximální povolenou rychlostí. Ve chvíli, kdy každé z aut dojde ke značce povolující jízdu vyšší rychlostí, zrychlí na onu rychlost, obě se stejným zrychlením. Jelikož první z aut dorazí ke značce dříve, dříve zrychlí a vzdálí se následujícímu vozu. Ve chvíli, kdy dojde na konec úseku, zpomalí na původní rychlost, ovšem následující auto ho vyšší rychlostí dojde a zkrátí vytvořenou mezeru na původní hodnotu. Možným řešením rozdělení urychlením lahve je, jak je zřejmé z modelové situace, vyložení lahve na pás pohybující se vyšší rychlostí, což by nejen vytvořilo kýženou mezeru, ale také snížilo ráz způsobený rozdílem rychlostí.

3.3 Návrh rozdělovače

3.3.1 Koncept 1 - Šroubový mechanismus

Výchozí mechanismus funkce tohoto typu rozdělovače byl nastíněn již v kapitole 2.3.3. Hlavní myšlenka se opírá o navedení výrobku do vybrání závitu šroubu s podélnou osou rotace. Po vniknutí výrobku je ten buď unášen dále pomocí závitu šroubu, v případě, kdy je rychlost pohybu dopravníkového pásu nižší, nežli relativní pohyb objektu ve stoupání závitu (závisí na kombinaci stoupání závitu a rychlosti otáčení šroubu), nebo je unášen dopravníkem (volně, při sladění rychlostí pásu a šroubu, nebo s dotykem závitu, kdy závit „uvolňuje objektu cestu“).

Vytvoření dostatečné mezery může být docíleno dvěma způsoby, zpomalením procházejících lahví, oproti pásu dopravníku, kdy k vytvoření mezery dojde najetím jedné lahve do jednoho stoupání závitu šroubu a jejím následným odvedením zvýšenou rychlostí pásem, čímž dojde k rozšíření mezery, nebo za pomoci proměnlivého stoupání závitu, kdy jsou lahve od sebe „odtahovány“ postupně se zvětšující roztečí stoupání závitu. V případě proměnlivého stoupání závitu již nelze uvažovat s volným pohybem lahve v závitu při synchronizaci otáček šroubu s rychlostí posuvu pásu, jelikož rychlost pohybu zde přímo závisí na velikosti stoupání závitu, a nelze se tedy vyhnout vyšší intenzitě tření mezi šroubem a výrobkem.

Výhody:

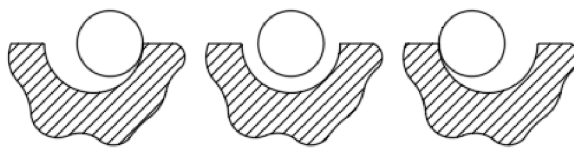
- plynulý chod
- snadné ladění
- malý zástavbový prostor

Nevýhody:

- potenciálně silné opotřebení šroubu vlivem tření v místě styku závitu a výrobku
- nekonstantní bod dotyku pro lahve o různých výškách
- úzká oblast styku mezi lahví a závitem shodná pro všechny velikosti lahví

Varianty konceptu:

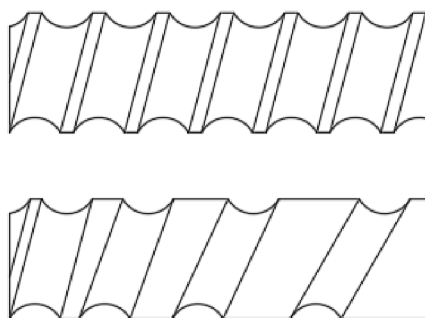
- Rychlost posuvu lahve v závitě oproti rychlosti pásu: nižší/ shodná/ vyšší



Obr. 21 Koncept 1 - rychlosti

- Stoupání závitu: konstantní/ proměnné

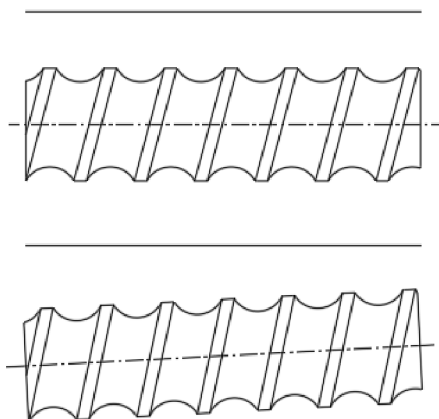
Při proměnném stoupání závitu dochází ke zvětšení rozteče mezi lahvemi mechanickým roztažením vázaným na tvarem šroubu při zachování efektivity odebírání lahví z pásu.



Obr. 22 Koncept 1 - stoupání závitu

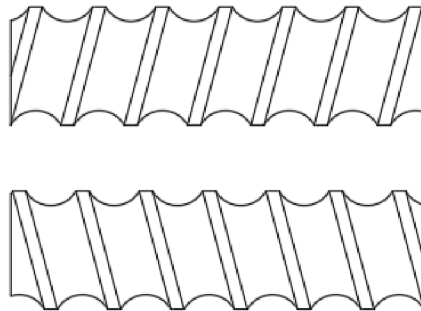
- Směr osy rotace: podél dopravníku/ pod úhlem

Smysl použití šroubu s osou rotace umístěnou šikmo k pásu dopravníku spočívá ve zjednodušeném najetí lahve do závitu a ve zlepšeném využití přitlaku od pohybu pásu při rychlejším pohybu pásu, než je pohyb lahve v závitě od rotace šroubu. Vzhledem poměrně malé šířce dopravníku, lze tento princip se znatelným výsledkem použít prakticky jen v místě přechodu dvou (a více) pásů.



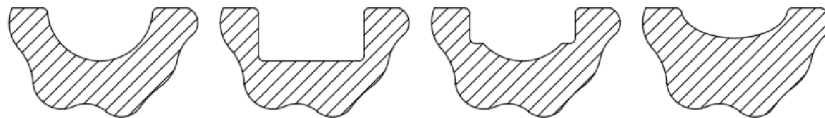
Obr. 23 Koncept 1 - směr osy

- smysl stoupání závitu: po směru/ proti směru hodinových ručiček



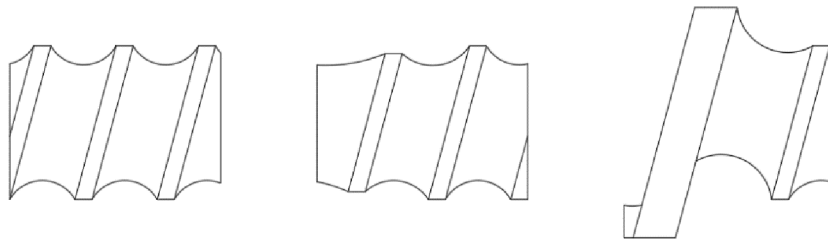
Obr. 24 Koncept 1 - smysl stoupání závitu

- tvar závitu: kruhový/ obdélníkový/ smíšený/ tvarový



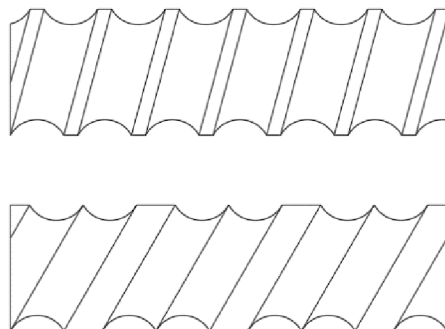
Obr. 25 Koncept 1 - průřez závitem

- náběh a výběh závitu šroubu: válcový/ kuželový/ excentrický



Obr. 26 Koncept 1 - výběh závitu

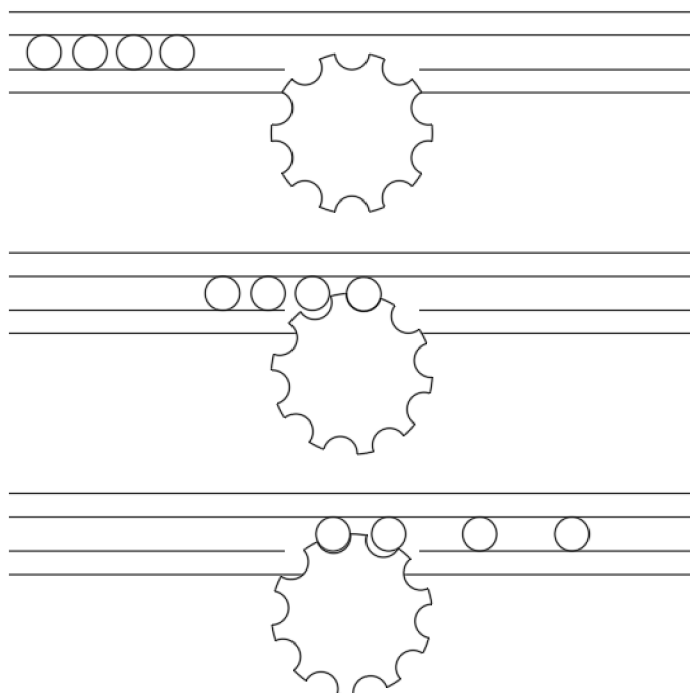
- jeden/ více závitů



Obr. 27 Koncept 1 - množství závitů

3.3.2 Koncept 2 - Karuselový mechanismus

Výchozím mechanismem je zde rotační disk s tvarovými lůžky po obvodu a s vertikální osou rotace. Lahev je navedena do natočeného lůžka disku, čímž je definována její poloha, a následně je vlivem rotace disku unášena po trajektorii, tvořené částí kružnice, do vykládací pozice. Na rozdíl od konceptu šroubového mechanismu zde nelze uvažovat s proměnlivou roztečí jednotlivých lůžek, jelikož rozteč lůžek je zde pevně určena a při různých roztečích by docházelo na výstupu z rozdělovače k tvoření nekonstantních rozestupů, určených natočením disku při nabírání. K vytvoření adekvátní mezery tedy dojde definováním pozice lahví lůžky s danou roztečí a pozdržením lahve a jejím následným urychleným odvodem. Pohyb disku může být jak kontinuální, jako v případě šroubového mechanismu, tak i přerušovaný.



Obr. 28 Koncept 2 - princip

Jelikož lůžko pro daný rozsah průměrů musí být geometricky přizpůsobeno největšímu z průměrů, musí výrobek na pásu dostatečně rychle překlenout prostor tak, aby se „opřel do lůžka“ rozdělovače, a to ideálně bez toho, aby se před započítím rotace disku na něj natlačil následující, což by mohlo mít za následek nežádoucí vniknutí dvou kusů výrobku do jednoho lůžka.

Výhody:

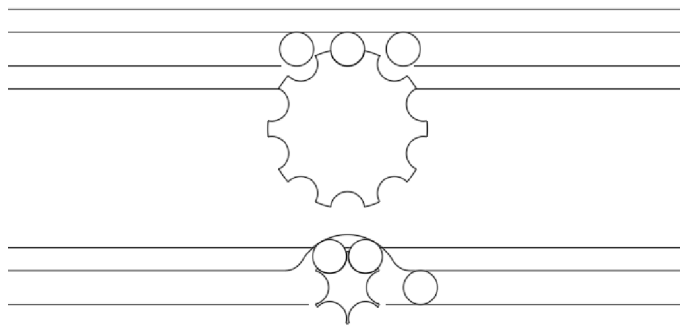
- možnost prolnutí karuselu s vedením lahví
- malá náchylnost na rizikům spojeným s různou výškou lahví

Nevýhody:

- potenciálně náročné premísťování lahví s nekruhovým půdorysem

Varianty konceptu:

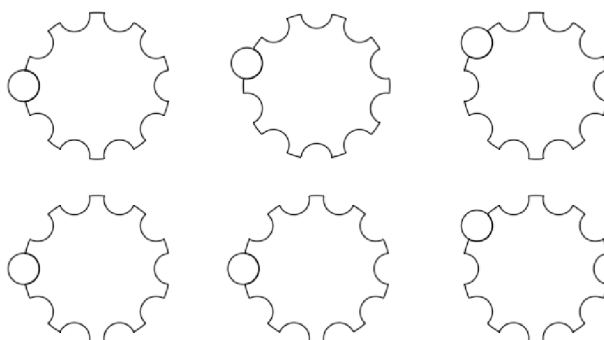
- osa rotace: nad pásem/ mimo pás



Obr. 29 Koncept 2 - poloha osy rotace

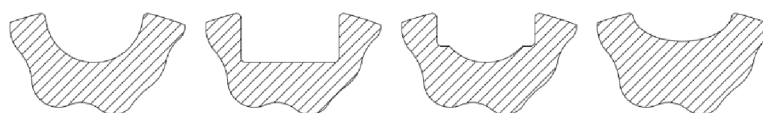
- smysl rotace: po směru/ proti směru hodinových ručiček
- chod kontinuální/ přerušovaný

Při přerušovaném pohybu dojde k definovanému pootočení, buď na základě informace ze senzoru, nebo po uplynutí stanovené doby.



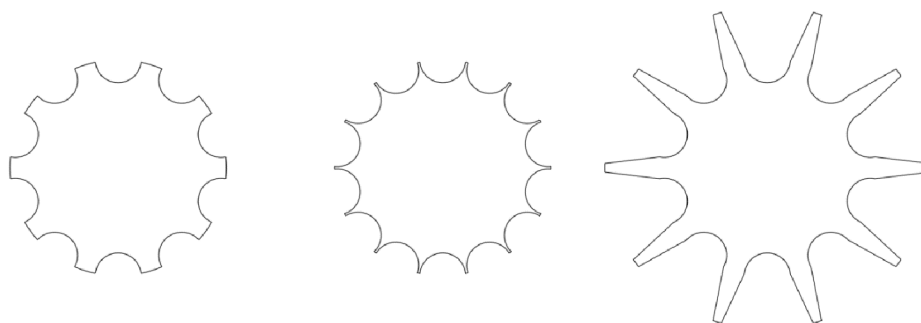
Obr. 30 Koncept 2 - způsob chodu

- tvar lůžka: kruhový/ obdélníkový/ smíšený/ tvarový



Obr. 31 Koncept 2 - tvar lůžka

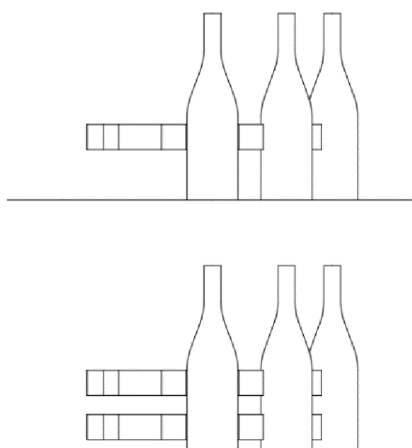
- tvar přechodu mezi lůžky: tupý/ ostrý/ prodloužený



Obr. 32 Koncept 2 - přechod mezi lůžky

- jedno/ více patrový karusel

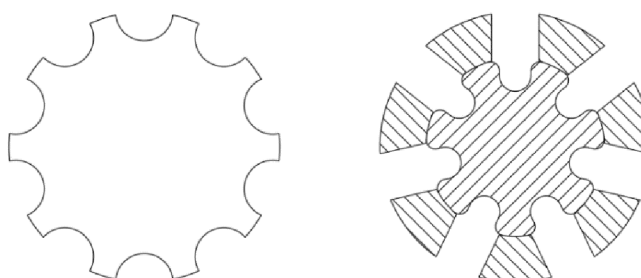
Vícepatrový systém nabízí přesouváním lahvím lepší stabilnější oporu, a to pro široký rozsah velikostí.



Obr. 33 Koncept 2 - sestava pater

- jedno/více diskový karusel

Myšlenka karuselového rozdělovače s vícero soustřednými disky spočívá v možnosti odvodu menších lahví vnitřním na opačnou stranu se otáčejícím diskem. V kombinaci s vícepatrovým systémem nabízí možnost využití, nejen rozdílných průměrů, ale i výšek lahví. Výhoda, tohoto o poznání složitějšího systému, spočívá v situacích, v nichž do lůžka rozdělovače vznikne problematická nekompatibilní kombinace lahví (dvě malé, malá následovaná velkou).



Obr. 34 Koncept 2 - množství disků

3.3.3 Koncept 3 - Segmentový pás

Koncept děleného pásu je variantou tvarového rozdělovače. Principiálně jde o podobný mechanismus pásovému rozdělovači, kdy je řemen umístěn v rovině rovnoběžné s dopravníkovým pásem a v úseku přiléhajícím dopravníku je veden rovnoběžně s pohybem pásu. Zde ovšem podobnost končí, jelikož je zde k řemenu (potažmo řetězu) připojena série tvarových lůžek, které unášejí jednotlivé výrobky. Nejprve dochází k plynulému najetí lůžka nad dopravníkový pás, čímž je oddělen jeden výrobek. Výrobek je následně unášen pohybem lůžka ve směru pohybu pásu zvýšenou rychlostí. Ve vykládací pozici lahev lůžko opouští a je dále unášena pásem, přičemž lůžko se vrací zpět na začátek cyklu.

Výhody:

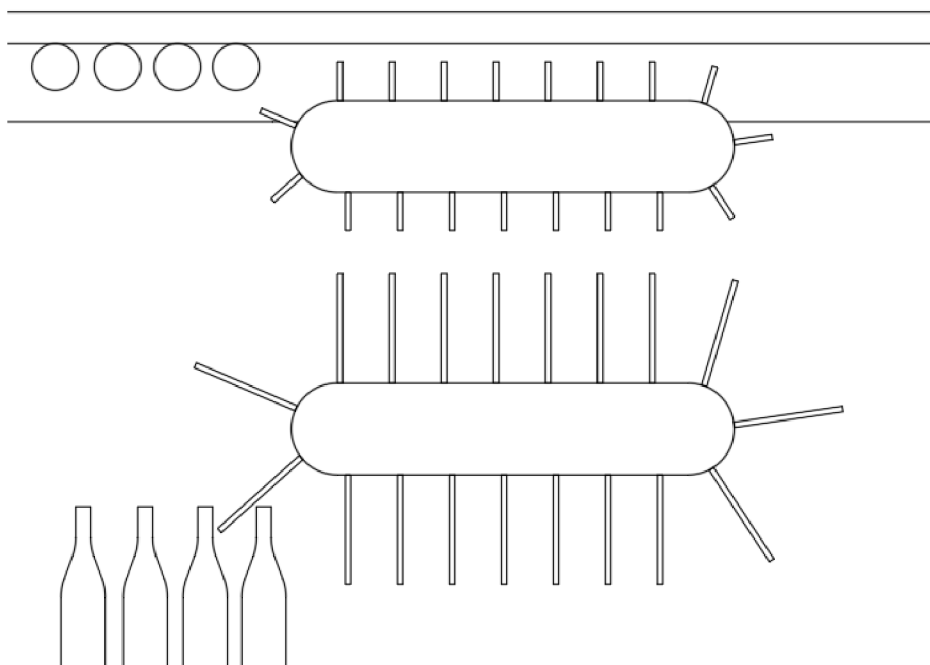
- variabilní trajektorie (lze relativně snadno použít i v zakřivení dopravníku)

Nevýhody:

- složitost, tzn. vyšší cena, náročnější údržba

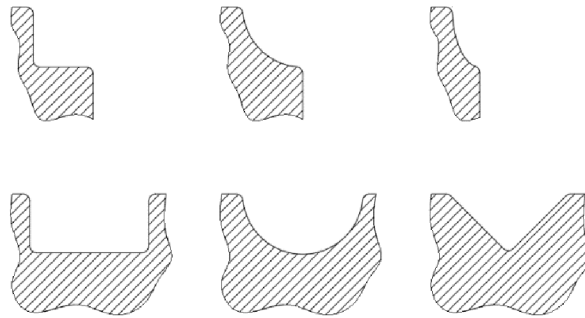
Varianty konceptu:

- rovina pohybu: horizontální/ vertikální



Obr. 35 Koncept 3 - rovina pohybu

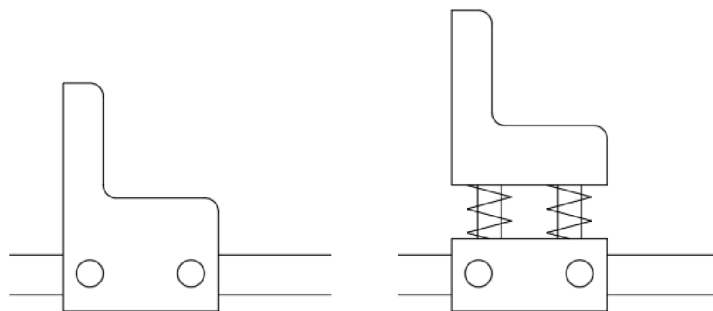
- tvar lůžka: půlené/ celé/ kruhové/ obdélníkové/ tvarové



Obr. 36 Koncept 3 - tvar lůžka

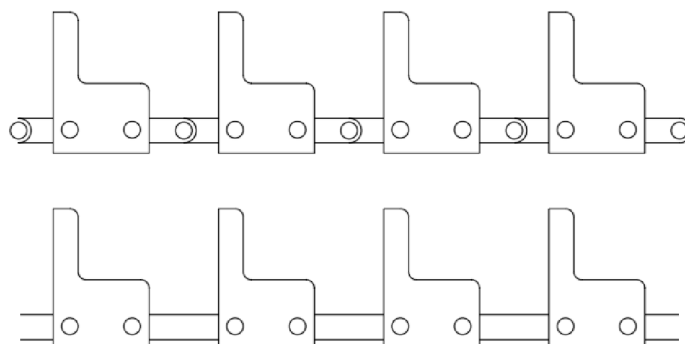
- pohyblivost lůžka: pevné/ s přísuvem

Výhodou přísuvného lůžka je pružné přizpůsobení rozměrům a středění lahví. Nevýhodou je zvýšená náročnost konstrukce, cena a náročnost údržby.



Obr. 37 Koncept 3 - pohyblivost lůžka

- druh unašeče: článkový/ elastický



Obr. 38 Koncept 3 - druh unašeče

3.3.4 Výběr vhodného řešení

Pro volbu nejlepšího řešení z navržených principů byla vytvořena rozhodovací tabulka. Váhy parametrů byly voleny na základě jejich důležitost na stupnici od 1 do 10, kde váha deset vyjadřuje nejvyšší prioritu parametru. Číslo u každého mechanismu v rámci parametru udává pořadí, v jakém jsou pro daný parametr tyto mechanismy vhodné. Neudává tedy absolutní vhodnost mechanismu k danému parametru, pouze vztah mezi jednotlivými mechanismy.

Jelikož dochází k násobení pořadí parametru jeho váhou a následné sečtení těchto násobků pro daný mechanismus, má mechanismus s nejnižším skóre nejvyšší prioritu. Žádný z představených principů není dokonalý a zvolená konstrukce bude tedy kompromisní volbou.

Parametr	Váha parametru	Šroubový mechanismus	Karuselový mechanismus	Pásový mechanismus
Citlivost na rozsah jmenovitých rozměrů	10	3	2	1
Citlivost na různorodost tvarů výrobků	10	2	3	1
Stabilita lahví při stanoveném rozptylu velikostí	9	3	2	1
Zástavbový prostor	8	1	2	3
Vyrobitelnost	7	2	1	3
Komplikovanost konstrukce	6	1	2	3
Množství variací konstrukce	6	2	1	3
Aplikovatelnost dodatečných prvků	5	3	1	2
Údržba	4	1	2	3
Skóre		136	122	132

Tabulka 2 Rozhodovací matice

Parametr „Citlivost na rozsah jmenovitých rozměrů“ je nejvýznamnější z parametrů, jelikož pokud by ho v extrémním případě rozdělovač zcela nesplňoval, nebylo by třeba nahrazovat původní zařízení. Parametr „Citlivost na různorodost tvarů výrobků“ taktéž zaujímá prominentní roli, jelikož je jednou z výchozích podmínek řešení (potřeba rozdělovat i ploché a jinak tvarované lahve). Zbylé parametry, ač důležité, nemají, přes svou důležitost, plný funkční status. Význam jednotlivých parametrů je definován níže:

Citlivost na rozsah jmenovitých rozměrů = schopnost rozdělovat zároveň lahve různých velikostí

Citlivost na různorodost tvarů výrobků = schopnost rozdělovat zároveň lahve různých tvarů

Stabilita lahví při stanoveném rozsahu velikostí = míra rizika shození lahve

Zástavbový prostor = prostor okupovaný rozdělovačem

Vyrobitelnost = náročnost výroby komponent a montáže zařízení

Komplikovanost konstrukce = množství, skladba a cena komponent

Množství variací konstrukce = přizpůsobitelnost konstrukce konkrétním podmínkám

Aplikovatelnost dodatečných prvků = možnost přidat dodatečné funkční prvky (rolny, čidla apod.)

Údržba = komplikovanost montáže, demontáže a servisních úkonů

Vybraná varianta:

Z rozhodovací matice vzešla jako ideální kompromis s nejnižším skóre koncepce karuselového rozdělovače. Pro vítěznou variantu byly vymyšleny dvě podvarianty řešící zejména problém s kombinacemi vyráběných lahví. Z těchto diametrálně rozdílných řešení je následně vybrána ta lepší a rozpracována jako finální rozdělovač.

3.3.5 Výchozí podmínky a parametry zadání konstrukčního návrhu:

Produkty:

- | | |
|--------------------------------|---------|
| • maximální průměr: | 102 mm |
| • minimální průměr (vyráběný): | 53,3 mm |
| • střední průměr: | 78 mm |
| • maximální výška: | 343 mm |
| • minimální výška: | 68 mm |

Dopravníkový pás:

- | | |
|-----------------------------------|---------------|
| • článkový s kontinuálním pohybem | |
| • rychlost: | 27 ÷ 35 m/min |
| • maximální rychlost: | 39 m/min |
| • šířka: | 120 mm |

Požadavky:

- stabilita
- minimalizace zástavbového prostoru
- univerzálnost

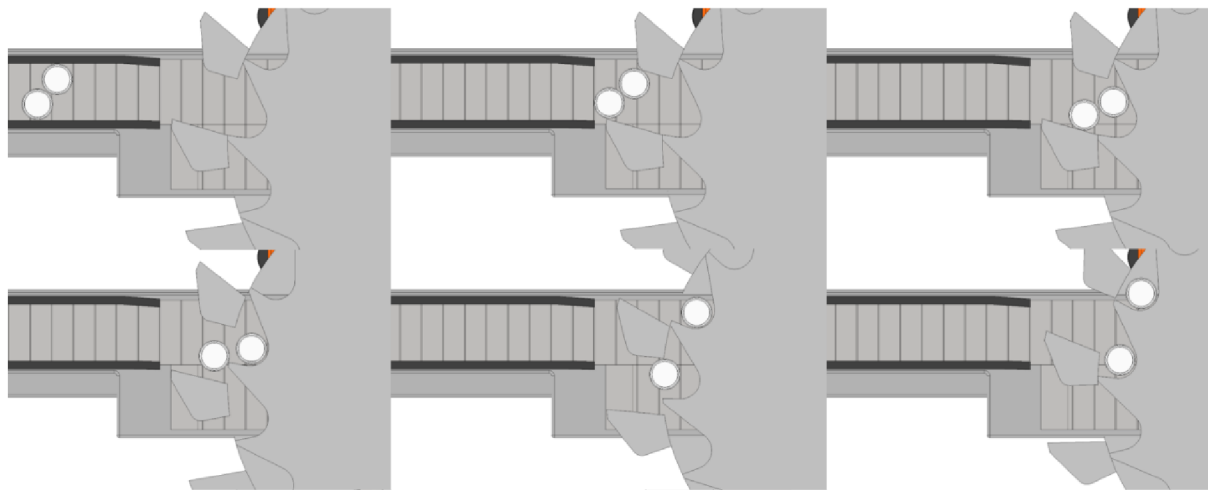
4. Konstrukční řešení

4.1 Subvarianta A - Soustava dvou souosých karuselů

Myšlenkou této podvarianty je využití předpokládatelné rozdílné výšky lahví o různém průměru. Zařízení se skládá ze dvou soustředných karuselů s lůžky rozdílné velikosti pohybujících se v opačném směru. V případě, kdy dojde k vniknutí malé lahve do lůžka vnějšího karusel, nezastaví se a bez potíží vnikne do vnitřního karuselu, který ji následně unáší v radiálním směru. Pokud do lůžka vnikne dvojice malých lahví, jedna z nich vnikne do vnitřního karuselu a druhá zůstává ve vnějším. Následně jsou unášeny v opačných směrech. Při třech a více malých lahvích dojde ke vniknutí jedné do vnitřního karuselu a zbylé zůstanou ve vnějším. Jelikož je předpokládáno otáčení nad dopravníkem, dojde po/ při pootočení o jeden krok k nasunutí další z chycených malých lahví do lůžka vnitřního karuselu. Při vniknutí lahve většího průměru zůstane ta v lůžku vnějšího karuselu.

Aby soustava dobře fungovala, předpokládá se, že jsou lůžka vnějšího karuselu uchycena souose s vnitřním karuselem. Je tedy potřeba zajistit náležité spojení, kterého lze nejnázne docílit spojením lůžek v horní části rozdělovače. To je prakticky možné pouze v případě, že bude spoj nad hrdlem nejvyšší z lahví, které mohou vniknout do vnitřního karuselu (v opačném případě by došlo k destrukci lahve, nebo zastavení či až poškození stroje). Bylo by tedy nutné buď umístit spoj nad maximální výšku lahve, pro kterou je zařízení koncipované (343 mm), s tím že by docházelo k manipulaci s násobně větší hmotou, nebo zjednodušeně předpokládat, že lahev malého průměru bude mít malou výšku. Tento vztah ovšem není reálný.

Tento systém je závislý na skladbě dvou pohonů, případně jednoho s převodem do reverzace.

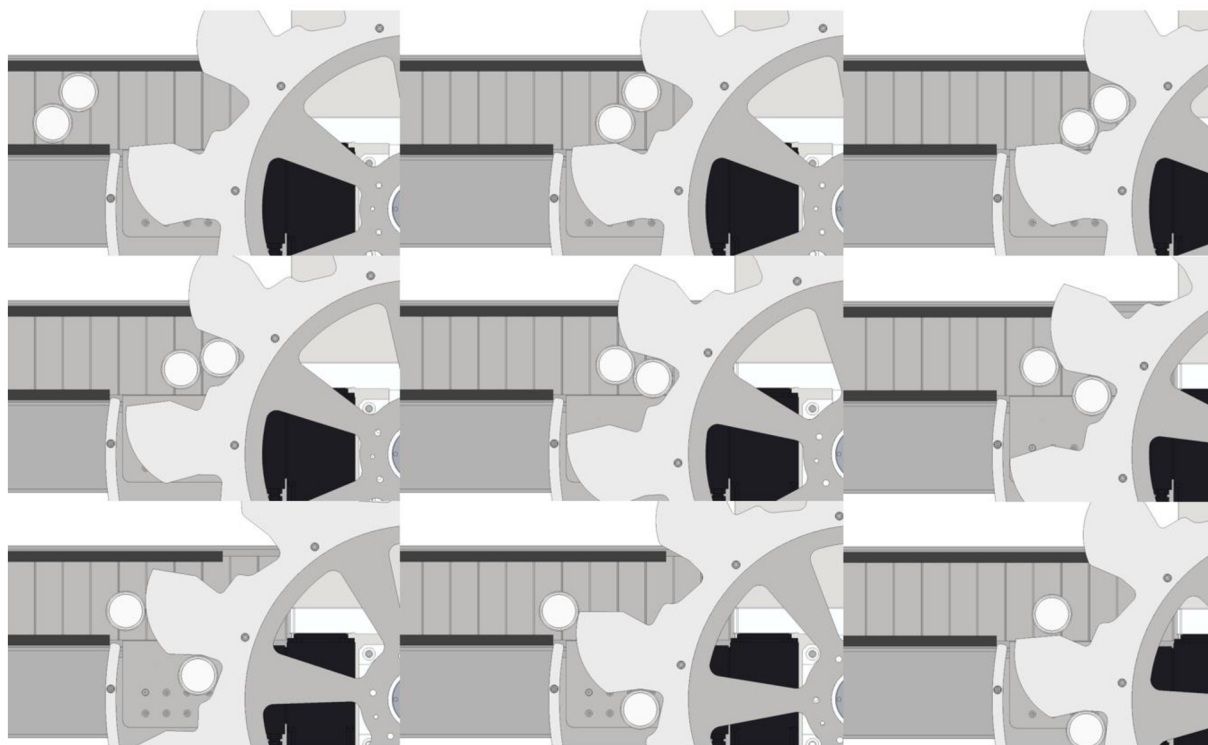


Obr. 39 Subvarianta A - princip

4.2 Subvarianta B - Speciálně tvarované lůžko

Tato podvarianta je založena na předpokladu, že při vniknutí vícero malých lahví do lůžka karuselu dojde k vysunutí přebytečných lahví samotnou rotací zařízení.

Po najetí běžné lahve do lůžka rozdělovače je lahev unášena rotací karuselu, a to ve styčném místě dle velikosti (průměru) lahve. V případě, kdy se do lůžka dostane kombinace malých lahví, velké a malé lahve, nebo kdy určitá lahev nevnikne dostatečně do lůžka, dojde k jejímu vysunutí z lůžka za pomoci zaoblení ústí lůžka. Tato situace může nastat v případě, že těžiště lahve není ve styčné části lůžka. V případě, kdy dojde k najetí dvou a více malých lahví do lůžka současně, dojde k zastavení jejich pohybu o dvojici různě vysazených (kaskádovitých) částí dna. Tím je zaručeno, že jedna z lahví bude zachycena blíže k ose rotace karuselu. Během pootočení disku je hlouběji usazená lahev při chodu tlačena pod druhou a ta je tím vynášena k okraji lůžka. Poté co se dostane do místa mezi „vnitřní“ lahví a okrajem lůžka, je její těžiště za počátkem zaoblení lůžka, jehož další relativní pohyb vysune lahev ven z lůžka. Pro stav, v němž jsou v lůžku přítomny tři malé lahve (maximální geometricky možný počet), dochází současně k oběma fázím vytlačování.



Obr. 40 Subvarianta B - princip

4.3 Výsledné řešení

Vzhledem k poměrně složitosti subvarianty A, neexistujícímu jednoznačnému vztahu mezi průměrem, tvarem a velikostí lahve, většímu potřebnému zástavbovému prostoru a pravděpodobně nízké využívanosti dodatečné aktivní funkcionality (druhého disku), byla vybrána subvarianta B s krokovým chodem.

Kompletní navržené zařízení se skládá ze dvou částí, stolu a karuselu, rozdělených celkem do tří konstrukčních celků, popsaných níže:

- sestava disků;
- rám;
- kluziště.

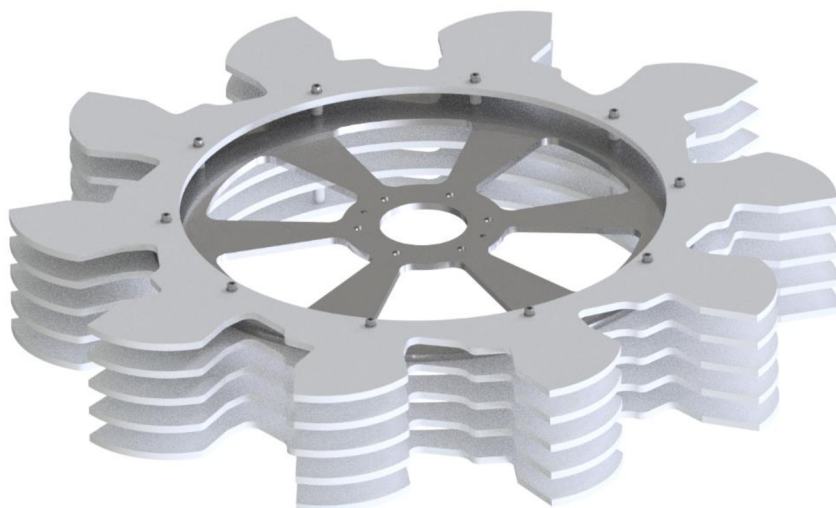


Obr. 41 Celková sestava

4.5 Dílčí části konstrukce

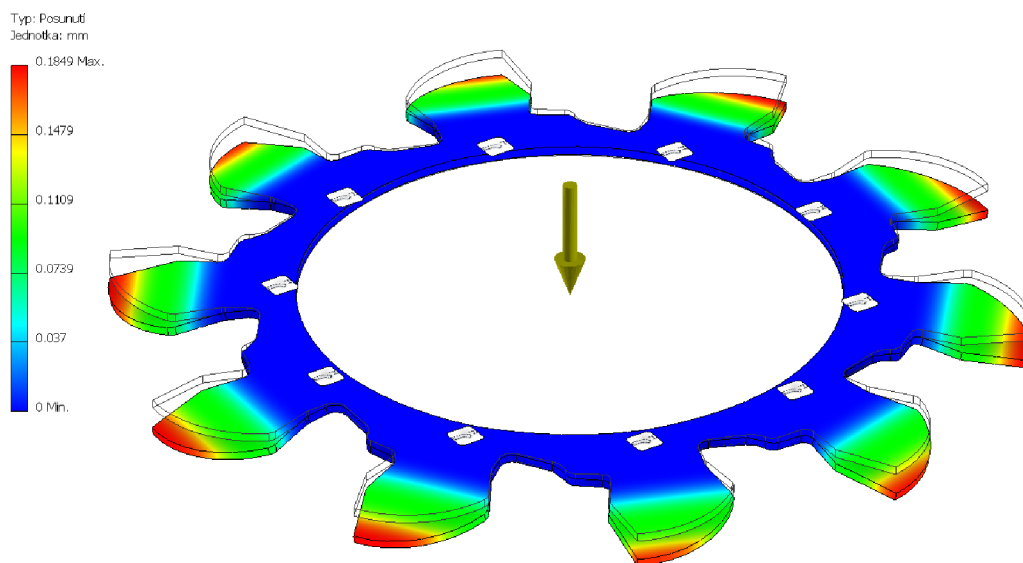
4.51 Sestava disků

Samotné tělo karuselu se sestává ze sestavy pěti desetipozicových lůžkových disků a jednoho disku nosného. Disky jsou uchyceny koncentricky a propojeny sérií deseti segmentových sloupků. Nosný ocelový disk je spojený s přírubou pohonu a zajišťuje oporu pro lůžkové disky.



Obr. 42 Sestava disků

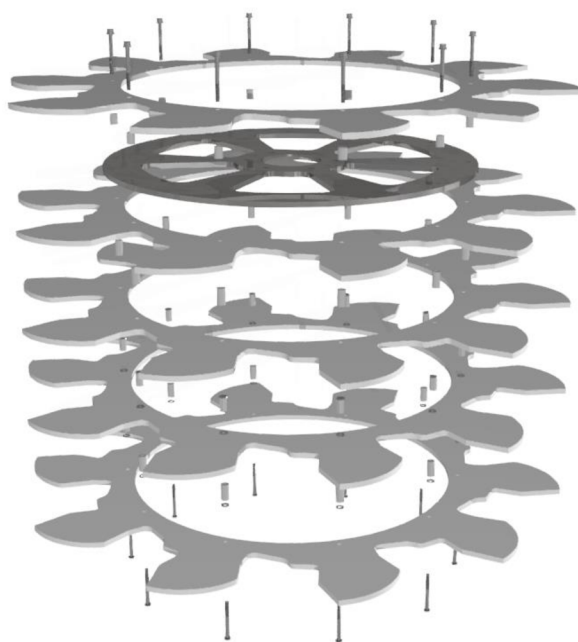
Stejně jako disky samotné jsou spojovací sloupky vyrobeny z polyethylenu a slouží, jak jako spojení a podpora jednotlivých disků, tak jako poddajný prvek zajišťující pevný šroubový spoj. Sestavení jednotlivých vrstev sloupků umožňuje změnit rozteč mezi disky a počet disků dle potřeby a zkušeností z provozu. Počet sloupků sestavy disků, ač na první pohled zesložituje montáž, pomáhá rovnoměrně podpořit disky tak, aby docházelo k co možná nejmenšímu prověšení ramen vlivem zatížení vlastní hmotností.



Obr. 43 Deformace disku vlastní hmotností

Aby byla vyvážena komplikovaná montáž, jsou v případě jednoho patra nahrazeny PE sloupky ocelovými distančními sloupky s vnitřním závitem. Sestava disků je tím rozdělena na dva relativně nezávislé úseky. Je tím mimo jiné umožněno použití kratších šroubů.

Způsob sestavení karuselu také umožňuje v případě potřeby přeskládat disky, tak aby docházelo rovnoměrnějšímu opotřebení (například předpokládaná záměna „otlačeného“ disku ze spodních pater, s méně poškozeným horním diskem). V případě výrazného poškození některého z disků je také možnost zcela nahradit jeden z disků za nový, bez nutnosti nahrazení jednoho celého velkého disku (alternativního disku s plnou stěnou o stejné výšce), a to bez kompletního vyřazení zařízení z funkce po dobu absence. Aby bylo docíleno dokonalé zaměnitelnosti, jsou jednotlivé disky zcela shodné.



Obr. 44 Sestava disků - rozstřel

Sestavení disků s mezerami, namísto jednoho jednolitého disku, skýtá také možnost prolnutí bočnic, zabraňujících vypadnutí lahve z linky/ rozdělovače, a karuselu. Také je tímto způsobem značně snížena hmotnost a moment setrvačnosti karuselu, a stačí tedy menší méně výkonný motor. V případě použití jednohmotového disku by, při zachování stejné aktivní výšky (136 mm), byla hmotnost více jak trojnásobná.



Obr. 45 Tvarové lůžko s různými velikostmi lahví (zleva: $\varnothing 53,3$ mm; $\varnothing 61,2$ mm; $\varnothing 95,3$ mm; $\varnothing 102$ mm)

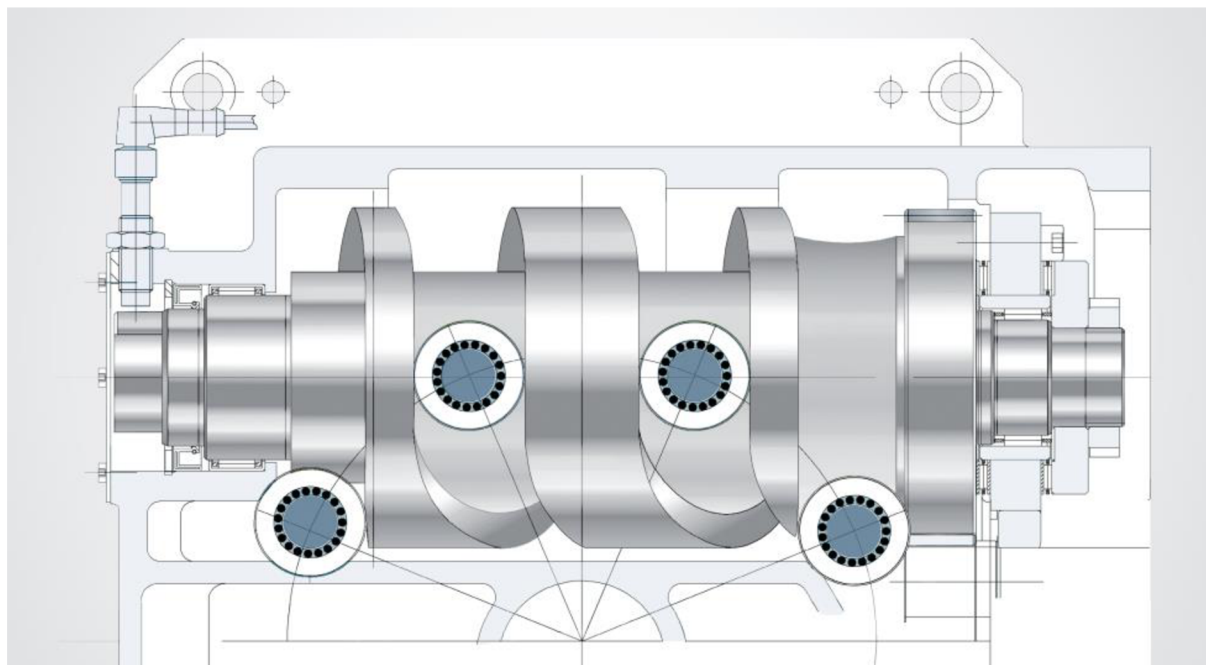
4.5.2 Materiál

Materiál pracovních částí rozdělovače je třeba zvolit s ohledem na šetrnost vůči sklu, velikost namáhání součástí a požadované další, zejména třecí, vlastnosti. Velmi důležitou vlastností při volbě materiálu, který přijde do styku s výrobky, či jinými relativně se pohybujícími prvky, je otěruvzdornost. Tato charakteristika povrchu určuje, jak potenciální znečištění lahví, tak zejména životnost povrchů, které přichází do styku s lahvemi a okolními prvky, a tedy i životnost celého zařízení. Ve chvíli překročení únosné meze opotřebení bude nutno danou komponentu nahradit za novou pro dosažení stálé správné funkce zařízení jako celku.

Materiálem pro výrobu samotných disků karuselu byl zvolen tzv. materiál „S“ ve formě natural od společnosti Murtfeldt čili PE-UHMW (ultravysokomolekulární nízkotlaký polyethylen) plast, určený pro aplikace ve strojírenství. Na rozdíl od běžné oceli má výrazně nižší hustotu (přibližně 940 kg/m^3 oproti 7800 kg/m^3), je tedy třeba slabší motor při stále uspokojivých mechanických vlastnostech. Zároveň je tím vyřešen problém se stykem disku a lahve, při kterém by byla potřeba úprava styčných ploch u ocelového disku, aby nedocházelo z poškrábání (znehodnocení) výrobku. I přes dobré kluzné vlastnosti a otěruvzdornost „Murtfeldtu“ je očekávatelné, že časem dojde k opotřebování styčných ploch a k potřebě nahrazení disků.

4.5.3 Pohon

Jako pohon rozdělovače byl vybrán kompletní kompaktní pohon od společnosti Weiss. Konkrétně pak verze pohonu TC150T. Jedná se o pohon přímo určený pro pohánění karuselových zařízení. Kinematicky se skládá z elektromotoru, řemenového převodu a předejpaté vačky.



Obr. 46 Pohon - vačka stolu

Motor je připevněn k samostatnému rameni, které umožňuje změnu pozice motoru dle potřeby. Ve zvolené konfiguraci je motor umístěn zboku rámu talíře. Propojení pohonu s disky karuselu je zajištěno pomocí věnce šesti šroubů a dvou kolíků pro zajištění správného ideálního umístění a natočení disků. Skrze centrální osu rotační příruby pohonu vede průchozí otvor určený pro případné protažení kabeláže. K základní desce rámu je pohon připevněn čtveřicí šroubů a dvojicí kolíků.

Hlavní výhodou použití tohoto systému je značná úspora místa, jelikož kompletní převodovaný pohon je umístěn přímo dovnitř sestavy disků, a není tedy třeba nadbytečného rozšíření zařízení pro umístění motoru s převodovkou. Je tím také umožněno umístění osy disku nad pás dopravníku, a to bez potřeby dalších, například řemenových, převodů. Mimo jiné je pohon schopen pracovat s přesností na $0,5^\circ$ i bez nutnosti další externí řídicí jednotky (doba cyklu je řízena převodovkou). Při standardním řízení typu stop'n'go se motor pohonu vždy pohybuje definovanými otáčkami. Rychlostní varianty (čas jednoho kroku s vazbou na maximální zátěžný moment setrvačnosti) se od sebe liší pouze skladbou řemenic, resp. převodovým poměrem mezi motorem a vačkou. Není tedy třeba, v případě konstantního chodu, měnit řídicí parametry motoru (napětí, proud, frekvenci).

V případě vybraného pohonu dává výrobce k dispozici tabulku závislosti časové délky kroku na maximálním dovoleném momentu setrvačnosti vztaženém k počtu pozic karuselu.



Obr. 47 Pohon

Značnou část zátěžného momentu setrvačnosti tvoří ocelová nosná deska (přibližně 34 % celkového momentu setrvačnosti sestavy disků), zbytek je tvořen pěti lůžkovými disky. Celkem jde o zátěž o velikosti $1,33 \text{ kgm}^2$. Mimo disků musí být urychleno i množství lahví a v případě maximálního zatížení lze očekávat, že bude potřeba urychlit šest lahví maximální velikosti. Každá z lahví zvyšuje zátěž o $0,08 \text{ kgm}^2$ (předpokládá se lahev o hmotnosti $0,6 \text{ kg}$ s těžištěm ve vzdálenosti $0,36 \text{ m}$ od osy rotace), celkem tedy $0,47 \text{ kgm}^2$. Celková očekávatelná maximální zátěž odpovídá přibližně $1,8 \text{ kgm}^2$. Z tabulky lze vyčíst, že pro vybraný pohon bude u desetipozicového karuselu výhodná rychlostní varianta C s maximálním zátěžným momentem setrvačnosti $2,14 \text{ kgm}^2$ (výkonová rezerva 19 %) a dobou kroku $0,39 \text{ s}$.

4.5.4 Časování chodu

Aby bylo docíleno obdobné frekvence podávání, jako v případě původního rozdělovače, je třeba docílit taktu okolo $0,6 \text{ s}$ (100 ks/min). Jelikož je pozice a skladba lahví na vstupu do rozdělovače vesměs funkcí náhody, nelze zcela přesně určit dobu, jakou má karusel vyčkat v pozici, ani přesné množství lahví podávaných za čas. Pro odhad frekvence podávání předpokládáme plné využití zařízení, tedy podání jedné lahve na jeden krok karuselu (pootočení o 36°). Dále předpokládáme, že do lůžka vniká lahev největšího průměru, počínaje ve chvíli, kdy karusel dosáhne nabírací pozice. Aby byla lahev pojmuta celá, musí překonat vzdálenost o velikosti svého průměru (102 mm). Při pohybu pásu průměrnou rychlostí 30 m/min ($0,5 \text{ m/s}$) tuto vzdálenost překoná za 204 ms . Pro zajištění dokonalého vniknutí počítáme s časovou rezervou. Výsledná doba vyčkání v pozici bude tedy 250 ms (s přihlédnutím k časové prodlevě záběru pohonu apod., musí být dán signál k pohybu s předstihem $80 \div 130 \text{ ms}$). Z údajů výrobce pohonu víme, že doba jednoho kroku pro rychlostní třídu C pro desetipozicový karusel je 390 ms . Celkový takt je tedy přibližně 640 ms , znamenající frekvenci podávání **94 lahví za minutu**. Jak již však bylo zmíněno, údaj je pouze orientační a ideální dobu vyčkávání v pozici bude výhodno vyladit na základě pozorování a s přihlédnutím k aktuální rychlosti pohybu dopravníku. Karusel se při tomto taktu bude zcela otáčet rychlostí $9,4 \text{ ot/min}$.

Tvorba mezery mezi lahvemi je souhrou rychlosti pohybu dopravníku a taktu karuselu. Vyšší tak chodu karuselu (delší prodleva mezi pohyby) vytvoří výraznější mezeru. Vzhledem k různorodosti velikosti lahví není tímto způsobem možné docílit konstantní rozteče po sobě jdoucích lahví, není tomu ovšem ani potřeba. Rozteč mezi po sobě jdoucími lahvemi by měla být alespoň taková, aby bylo inspekční zařízení schopno jednotlivé lahve rozlišit. Při předpokládaném vyčkání v pozici 0,25 s a času pootočení 0,39 s znamená pravděpodobnou rozteč lahví okolo 30 cm.

4.5.5 Rám

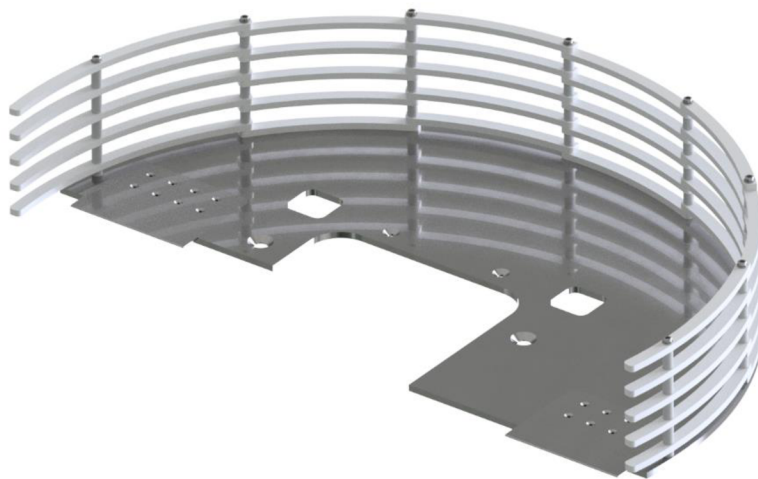
Rám zařízení je montovaný z extrudovaných hliníkových profilů od společnosti Maytec. Důvodem k přistoupení k této formě konstrukce je zejména možnost bezproblémového vestavění do stávající linky, možnost úpravy polohy příček pro případ změny umístění zařízení a menší náročnost transportu. Díky stavitelným nohám je také možno doladit výšku zařízení vzhledem k přesné poloze dopravníku a k horizontálnosti podlahy. Profily jsou velikosti 40x40.



Obr. 48 Rám

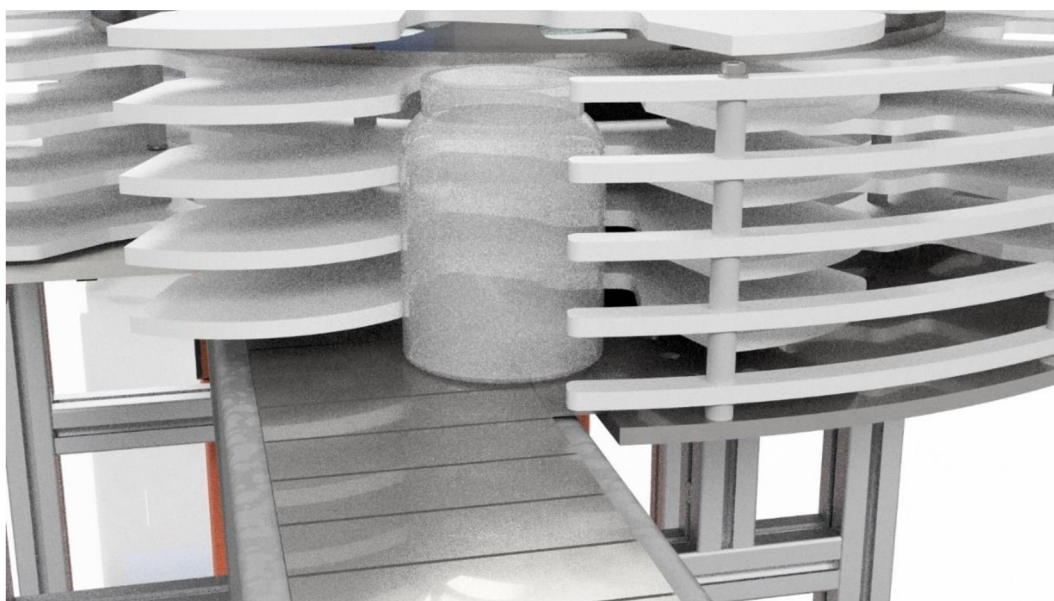
4.5.6 Kluziště

V sestavě stolu je rám doplněn o horizontální desku spojující rám s karuselem a kluznou plochu, sloužící jako podlážka pro přesun lahví. Kluzná plocha je ohraničena segmentovanou bočnicí, bránící vypadnutí lahve z rozdělovače během transportu.



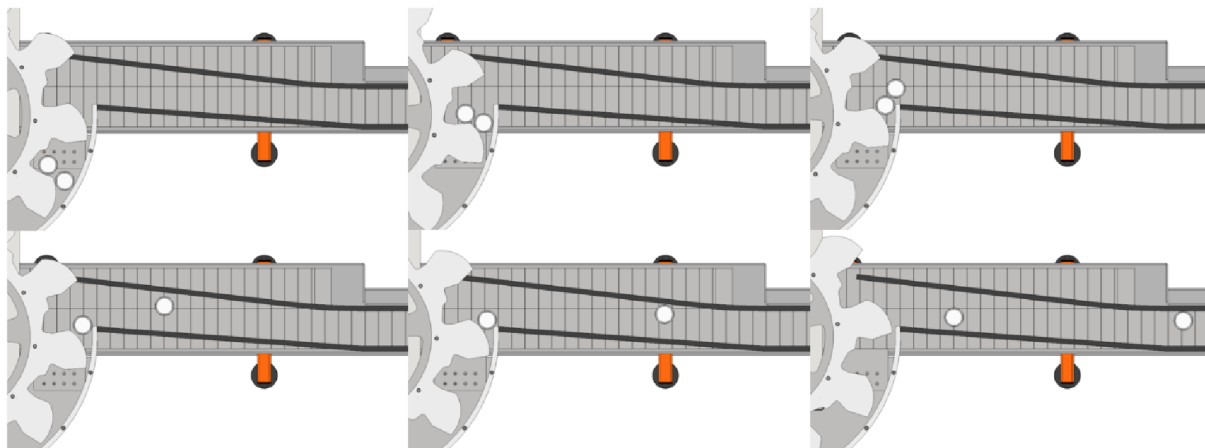
Obr. 49 Kluziště

Přechod mezi kluznou plochou a pásem dopravníku je vyřešen plechem uchyceným ke kluzišti se dvěma stavěcími šrouby, vymezujícímí ohybem plechu mezeru mezi kluznou plochou dopravníku a přiléhající hranou plechu. Mezera by měla být vymezena tak, aby při přechodu na další úsek (plech/ pás) se lahev pohybovala shora dolů a nemusela silou překonávat hranu vzniklou přechodem.



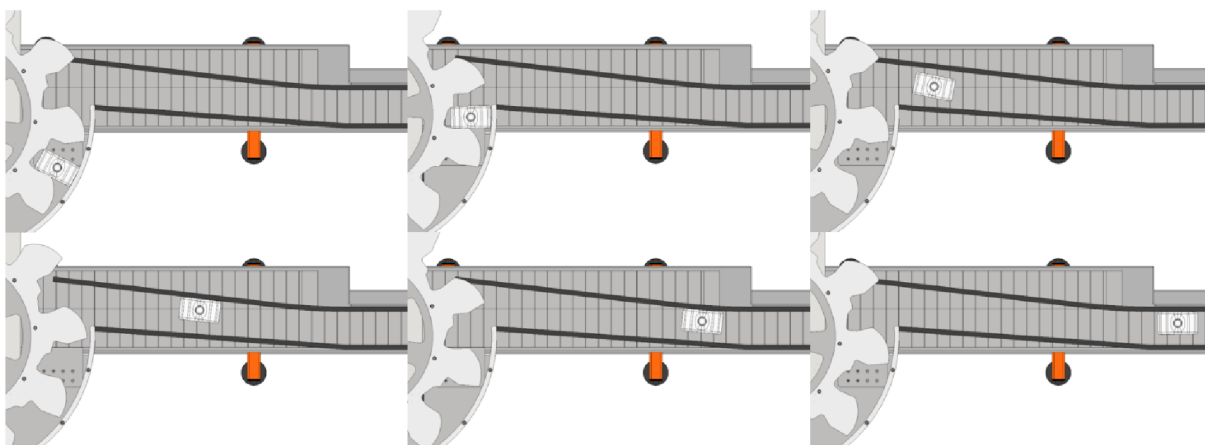
Obr. 50 Vstup do rozdělovače

Pokud by nedošlo k vystrčení přebytečné malé lahve z lůžka na začátku cyklu, může dojít na výstupu z rozdělovače vlivem různé chvíle vstupu lahve na dopravník a fyzické překážky (po dokončení kroku zůstane malá lahev zabrzdněna o bočnici a dle své velikosti bude uvolněna se zpožděním, nebo vlivem impulsu od lůžka na počátku dalšího kroku) k tvorbě mezery viz obr. 51.

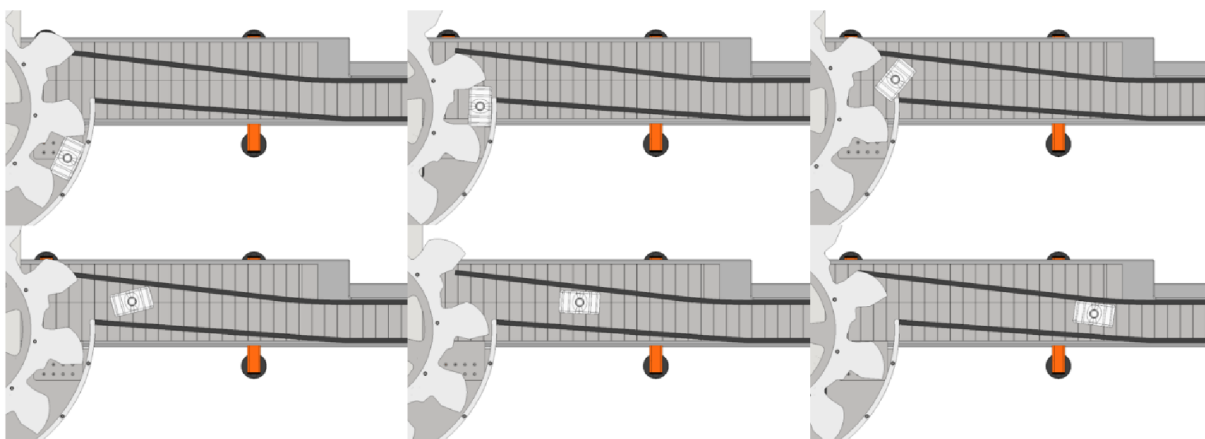


Obr. 51 Rozdělení lahví na výstupu z rozdělovače

Následující dva obrázky představují způsob opuštění karuselu plochou lahví pro správnou a pro chybnou orientaci lahve v lůžku.



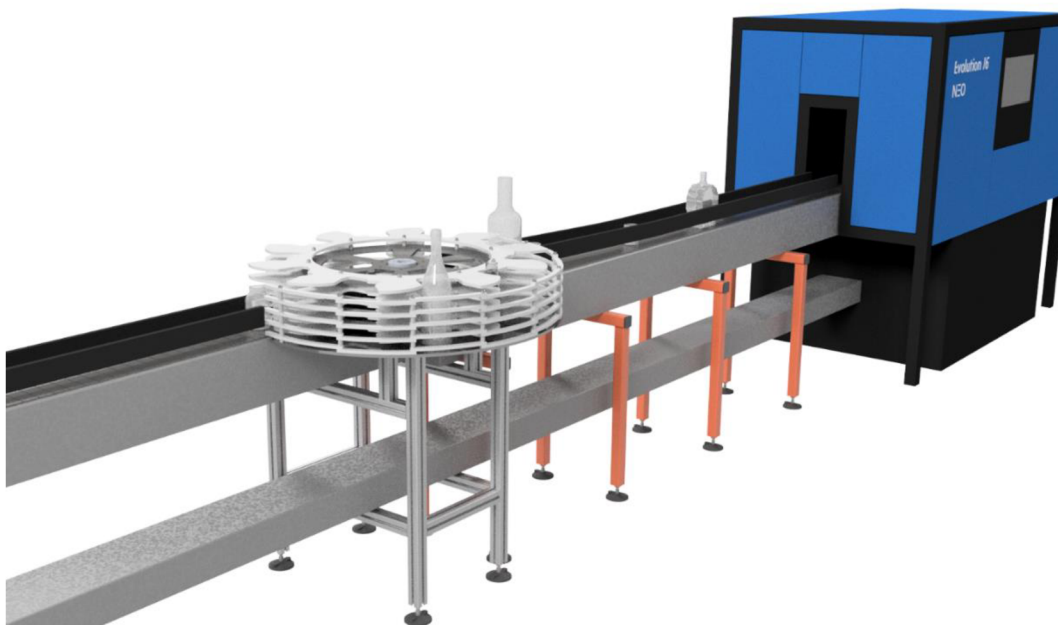
Obr. 53 Výstup ploché lahve z rozdělovače (správné natočení)



Obr. 52 Výstup ploché lahve z rozdělovače (chybné natočení)

4.6 Implementace do stávající výrobní linky

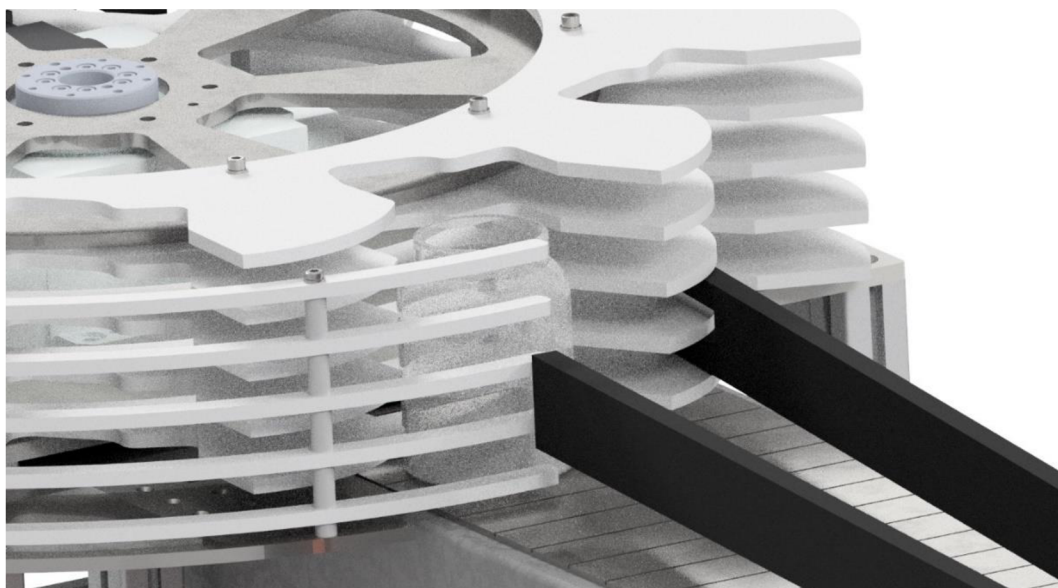
Navržené zařízení je do stávající linky umístěno do místa posledního přechodu mezi dopravníky před inspekčním zařízením. Tím je využito dodatečné šířky pásu a případné dodatečné srovnání lahví šikmým úsekem vedení. Jelikož je přístupna pouze jedna strana dopravníku byl určen směr rotace tak, aby úsek přepravy lahví (kluziště) byl, pro případ potřeby, přístupný obsluze.



Obr. 54 Umístění rozdělovače na lince

Přívod energií a komunikačních kanálů na stanoviště jednotlivých strojů je řešen žlabovým vedením umístěným mezi nohama dopravníku. Řízení rozdělovače se předpokládá z externích pozic (operační stanoviště).

Vedení, které usměrňuje a omezuje pohyb lahví na pásu dopravníku, lze s výhodou prolínout s karuselem (viz obr. 55) tak, že zabrání nežádoucímu vypadnutí lahve z pásu při kroku cyklu.



Obr. 55 Výstup z rozdělovače

4.7 Odhad prodejní ceny zařízení

Součást	Počet kusů	Materiál	Přibližná cena [Kč]
		Operace	
Disk	5	Deska PE-UHMW	7 500
		Frézování, vrtání	900
Nosná deska	1	Plech 1.4016 8 mm	1 640
		Výpalek, vrtání	750
Kluzná deska	1	Plech 1.4016 8 mm	2 400
		Výpalek, frézování, vrtání, závitování	1 100
Přechodový plech	2	Plech 1.4016 2 mm	60
		Výpalek, vrtání	400
Segment bočnice	35	Zbytek PE-UHMW po výrobě disků	-
		Frézování, vrtání	500
Deska motoru	1	Plech 1.4016 10 mm	3 400
		Výpalek, vrtání, závitování	650
Pohon	1	-	70 000
Rám	1	-	9 000
Spotřební materiál	1	-	500
Montáž	15 hodin	-	4 500
Marže	20 %	-	20 660
DPH	21 %	-	26 032
Celkem	-	-	149 992

Tabulka 3 Výpočet ceny rozdělovače

5. Závěr

V rámci této práce byla rozebrána problematika rozdělování lahví, ve smyslu definovaném v kapitole 2.2. Byly představeny nejčastěji používané principy, spolu s variantami jejich funkce. Dále byla v kapitole 2.4 popsána samotná výrobní linka, pro kterou je navrhováno zařízení, jehož návrh je předmětem této práce. Spolu s tím bylo krátce představeno inspekční zařízení IRIS Evo a jeho varianty včetně zde přítomné verze Evo16 a příslušný jemu předřazený nahrazovaný rozdělovač.

V praktické části byl proveden rozbor situace, určena možná umístění zařízení a potenciální problémy při rozdělování. Následně byly představeny možnosti principu rozdělování a byly navrženy tři konstrukční varianty řešení spolu s variantami jejich dílčích celků a principů. Z variant byla, za pomoci rozhodovací matice, vybrána jedna, „Karuselový mechanismu“, u níž byly vytvořeny dvě varianty řešení problému s různorodostí sortimentu, „Soustava dvou sousedních karuselů“ a „Speciálně tvarované lůžko“. Finální varianta „Speciálně tvarované lůžko“ byla zpracována do kompletní konstrukční podoby vč. výkresové dokumentace.

Všechny potíže adresované v kapitole 3.1 byly vyřešeny, co možná nejlepším způsobem. Byla snaha situaci řešit spíše použitím pasivních prvků a funkcí, než nekonečným přidáváním pohyblivých členů a senzorů. Je třeba vzít v potaz, že doplňková funkce vysunutí přebytečné lahve je funkcí, u níž se nepředpokládá časté využití, slouží pouze jako jistá forma pojistky pro potenciálně problematickou situaci, není tedy funkcí primární.

V závěru byla odhadnuta cena zařízení, a to na přibližně 150 000 Kč včetně marže a DPH. Je zde ovšem nutno podotknout, že se jedná o studijní projekt a nebyla do celkové cenotvorby zahrnuta cena návrhu konstrukce.

Přínos navrženého zařízení spočívá ve schopnosti rozdělovat od sebe lahve velkého rozsahu průměrů a výšek. Použití je plynulé, bez nutnosti použití dodatečných čidel a mechanismů. Není pochyb, že dozajista existuje lepší a spolehlivější řešení problému. Zde představené řešení je výsledkem různých kompromisů a snahy naplnit kompletní šíři užitnosti. Skutečnou funkčnost stroje bude nutno posoudit, až testováním v reálných podmínkách výrobní linky. V rámci implementace do výrobní linky bude také nutné provést ladění ideálního taktu, resp. doby setrvání karuselu v pozici před započítáním další rotace.

V poslední řadě by bylo, v rámci přípravných prací na samotnou realizaci rozdělovače, záhodno provést rozbor situace a zhodnotit celkovou vhodnost linky k současné výrobě stanoveného rozsahu lahví. Bude potřeba se zamyslet nad možnými extrémními situacemi. V případě, pokud by například došlo k nárazu vysoké lahve do stojící malé lahve, jsou na místě obavy o ztrátu stability. Zároveň je zde možné riziko poškození malých lahví a lahví s tenčí stěnou vlivem nárazu lahve s poměrně značnou hybností.

6. Seznam použité literatury

- [1] *Design Book 2* [online]. O-I Glass, © 2020 [cit. 2023-05-29]. Dostupné z: <https://www.o-i.com/design-book/>
- [2] *Glass Catalog* [online]. O-I Glass, © 2023 [cit. 2023-05-29]. Dostupné z: <https://glass-catalog.com/>
- [3] *R. JELÍNEK SLIVOVICE* [online]. RUDOLF JELÍNEK, © 2019 [cit. 2023-05-29]. Dostupné z: <https://rjelinek.cz/>
- [4] GIOMETTI, STEPHEN. *Machine for inspecting bottles comprising a spacing mechanism*. Španělsko. EP1880774A1. Uděleno 2008-01-23.
- [5] *FEED SCREWS* [online]. Septimatech Group, © 2020 [cit. 2023-05-29]. Dostupné z: <https://septimatech.com/>
- [6] *FEEDING* [online]. Morrison Timing Screw Co., © 2021 [cit. 2023-05-29]. Dostupné z: <https://morrison-chs.com/>
- [7] YANG, JUN, LIXIN XU, AIZHONG XING a DONGQING AN. *Special-shaped glass bottle steering and positioning mechanism*. Čína. CN216837074U. Uděleno 2022-06-28.
- [8] MUELLER, ROLF a STEPHEN GIOMETTI. *Spacing conveyor mechanism*. Španělsko. EP0709313A1. Uděleno 1996-05-01.
- [9] HOTAŘ, Vlastimil, Vladimír KLEBSA a Ivo MATOUŠEK. *Technologie automatické výroby skla*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-237-2.
- [10] *IRIS Inspection machines* [online]. IRIS Inspection machines, © 2019 [cit. 2023-05-29]. Dostupné z: <https://www.iris-im.com/>
- [11] *Weiss* [online]. STASTO Automation, © 2023 [cit. 2023-05-29]. Dostupné z: <http://www.weiss-gmbh.cz/>
- [12] *Murtfeldt Kunststoffe* [online]. Murtfeldt Kunststoffe GmbH & Co., © 2023 [cit. 2023-05-29]. Dostupné z: <https://murtfeldt.de/>
- [13] See Positive Throughput Results with a Gapping Conveyor. In: *Russell Conveyor* [online]. Russell Conveyor, 2022 [cit. 2023-05-29]. Dostupné z: <https://www.russellconveyor.com/>

- [14] TALÁN, Jan. *Návrh mechanismu přesouvače linky na výrobu obalového skla*. Liberec, 1981. Diplomová práce. VŠST v Liberci.
- [15] *Mikon Tools* [online]. MIKON TOOLS, © 2023 [cit. 2023-05-29]. Dostupné z: <https://www.mikon-tools.cz/>

7. Seznam výkresové dokumentace a příloh

Rozdělovač	2-DP S21000246-0-0
Rám	3-DP S21000246-0-1
Kluziště	3-DP S21000246-0-2
Sestava disků	3-DP S21000246-0-3
Deska motoru	3-DP S21000246-0-4
Kluzná deska	3-DP S21000246-2-1
Přechodový plech	3-DP S21000246-2-2
Segment bočnice – střed	3-DP S21000246-2-3
Segment bočnice – vstup	3-DP S21000246-2-4
Segment bočnice – výstup	3-DP S21000246-2-5
Nosná deska	3-DP S21000246-3-1
Disk	3-DP S21000246-3-2