

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra sklářských a keramických strojů

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Rozsah diplomové práce:

Počet stran:

Počet příloh:

Počet tabulek:

Počet obrázků:

Počet výkresů:

Počet modelů nebo jiných předmětů:

1999

Datum odevzdání:

Radek MIŠKOVSKÝ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra sklářských a keramických strojů

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Chladicí pec na chlazení drobného farmaceutického obalu ze skla

Radek MIŠKOVSKÝ

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. František Novotný, Csc.

Zásady pro vypracování:

Forma: diplomová práce a doprovodné metody pro vypracování

V zadání této diplomové práce je stanoveno, že student musí zpracovat návrh a výpočet chladicího systému pro chlazení drobného farmaceutického obalu ze skla. Student musí také zpracovat technickou zprávu a výkresy.

Student musí také zpracovat technickou zprávu a výkresy.

Chladicí pec musí být navržena tak, aby byla schopna chlazení drobného farmaceutického obalu ze skla.

Chladicí pec musí být navržena tak, aby byla schopna chlazení drobného farmaceutického obalu ze skla. Student musí také zpracovat technickou zprávu a výkresy.

Rozsah diplomové práce:

Počet stran	:	54
Počet příloh	:	0
Počet tabulek	:	2
Počet obrázků	:	39
Počet výkresů	:	5
Počet modelů nebo jiných příloh	:	0

Datum odevzdání : 28.5.1999



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní

Katedra sklářských a keramických strojů

Studijní rok: 1998/99

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení

Radek Miškovský

obor

23 - 17 - 8 Konstrukce strojů a zařízení

zaměření

sklářské a keramické stroje

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

Chladicí pec na chlazení drobného farmaceutického obalu ze skla

Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle diplomové práce a doporučené metody pro vypracování)

V současné době se chlazení drobného farmaceutického obalu provádí na průběžných chladicích pásových pecích, kde je základním transportním prvkem kovový pás, na který jsou skleněné lahvičky stavěny v šikmých řadách po osmi resp. šestnácti kusech.

Vzhledem k minimální hmotnosti chlazeného zboží je množství tepla pro opakovaný ohřev pásu několikanásobně vyšší oproti množství tepla potřebného k vychlazení lahviček.

Cílem diplomové práce je navrhnout nekonvenční dopravní systém, který by uvedenou nevýhodu odstranil nebo alespoň výrazným způsobem omezil a vyhověl požadované kapacitě 1000 až 2800 ks za hodinu pro sortiment s průměry 10 - 32 mm a délkou 30 až 150 mm.

Úkolem Vaší diplomové práce bude:

1. Provést podrobný rozbor současného stavu řešení chladicí pece a dopravního systému, zhodnocení hlavních nedostatků současného řešení a formulace technických podmínek pro nové řešení.
2. Zpracovat alternativní studii možností řešení nekonvenčního posunu výrobků v chladicí peci ve vztahu k manipulaci na vstupu do pece a ve vztahu k sortimentu.
3. Provést konstrukční řešení vybrané varianty dopravního systému formou sestavných výkresů a podsestav hlavních konstrukčních uzlů.
4. Technickoekonomické zhodnocení přínosu navrhovaného řešení ve srovnání s klasickou pásovou chladicí pecí.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra sklářských a keramických strojů

Studijní rok: 1998/99

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení

Radek Miškovský

obor

23 - 17 - 8 Konstrukce strojů a zařízení

zaměření

sklářské a keramické stroje

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

Chladicí pec na chlazení drobného farmaceutického obalu ze skla

Zásady pro vypracování:

(uved'te hlavní cíle diplomové práce a doporučené metody pro vypracování)

V současné době se chlazení drobného farmaceutického obalu provádí na průběžných chladicích pásových pecích, kde je základním transportním prvkem kovový pás, na který jsou skleněné lahvičky stavěny v šikmých řadách po osmi resp. šestnácti kusech.

Vzhledem k minimální hmotnosti chlazeného zboží je množství tepla pro opakovaný ohřev pásu několikanásobně vyšší oproti množství tepla potřebného k vychlazení lahviček.

Cílem diplomové práce je navrhnout nekonvenční dopravní systém, který by uvedenou nevýhodu odstranil nebo alespoň výrazným způsobem omezil a vyhověl požadované kapacitě 1000 až 2800 ks za hodinu pro sortiment s průměry 10 - 32 mm a délkou 30 až 150 mm.

Úkolem Vaší diplomové práce bude:

1. Provést podrobný rozbor současného stavu řešení chladicí pece a dopravního systému, zhodnocení hlavních nedostatků současného řešení a formulace technických podmínek pro nové řešení.
2. Zpracovat alternativní studii možnosti řešení nekonvenčního posunu výrobků v chladicí peci ve vztahu k manipulaci na vstupu do pece a ve vztahu k sortimentu.
3. Provést konstrukční řešení vybrané varianty dopravního systému formou sestavných výkresů a podsestav hlavních konstrukčních uzlů.
4. Technickoekonomické zhodnocení přínosu navrhovaného řešení ve srovnání s klasickou pásovou chladicí pecí.

ANOTACE:

Cílem této diplomové práce je konstrukčně navrhnout nekonvenční dopravní systém v chladicí peci pro drobný sortiment farmaceutického průmyslu a tím výrazně omezit energetické nároky na ohřev pásu stávajícího řešení chladicí pece.

ANNOTATION:

The target of this diploma work is to suggest a constructional solution of a non-conventional conveyer system in the annealing oven for small pharmaceutical glass articles and thus substantially reduce the energy demand for heating of the conveyer belt under the present construction.

ANNOTIERUNG

Ziel dieser Diplomarbeit ist eine konstruktionelle Lösung vom nicht konventionellen Fördersystem im Kühllofen für pharmazeutische Glasartikel vorzuschlagen und so den energetischen Bedarf beim Anwärmen des Förderbandes unter der bestehenden Konstruktion wesentlich herabzusetzen.

Poděkování:

Děkuji panu Doc. Ing. Františkovi Novotnému CSc. z katedry
Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně s použitím literatury.

V Liberci, 28.5.1999

Radek Miškovský

.....
Radek Miškovský

OBSAH

Anotace	3
Mistopřesvědžně prohlášení	4
Poděkování	5
Obsah	6
Seznam zkratk a symbolů	8
Úvod	10
1. Rozbor současného stavu	11
1.1. Podřadyné uspořádání	11
1.2. Popis manipulačního zařízení	12
1.3. Základní rozbor sortimentu	13
1.4. Válcový manipulátor s krokovým dopravníkem a chladičí pecí s přípř. – současného stavu chladičí pece	14
1.5. Základní ekonomický rozbor současného stavu – zhodnocení pomůci, kolik tepla se spotřebuje na ohřátí ekonomického sortimentu proti křivkovému pádu	15
Poděkování:	
Děkuji panu Doc. Ing. Františkovi Novotnému CSc. z katedry sklářských a keramických strojů Technické univerzity v Liberci za výborné vedení, poskytnuté informace, obětavou spolupráci cenné připomínky v průběhu řešení této diplomové práce.	
2.1.2. Varianta „B“ – Pevná přeměta určená na čerpaném pádu	19
2.1.3. Varianta „C“ – Rotující šrouby	20
2.2. Rozhodovací analýza	21
2.3. Volba konceptního řešení dopravního systému do chladičí pece	22
3. Alternativní studie řešení pohonu chladičí pece pomocí šneků	23
3.1. Sklo SIMAX, vlastnosti, chemické složení	23
3.2. Chladičí křivka – definování základních délkových rozměrů chladičí pece	24
3.3. Analýza profilu vytvářející šroubovici šneku, rozměrová analýza šneku	25
3.3.1. Návrh průměrů, množství, rychlosti a délky šneku	25
3.3.2. Profil šroubovice	26
3.4. Analýza sortimentu lahviček z důvodu zhodnocení nutnosti axiálního seřazení šneků	27
3.5. Analýza pohybu lahviček	28
3.5.1. Určení velikosti vůle mezi lahvičkami a jádrem šneku – teorie	28

OBSAH

Anotace	3
Místopřísežné prohlášení	4
Poděkování	5
Obsah	6
Seznam zkratk a symbolů	8
Úvod	10
1. Rozbor současného stavu	11
1.1. Půdorysné uspořádání	11
1.2. Popis manipulačního zařízení	12
1.3. Základní rozbor sortimentu	13
1.4. Vazba manipulátoru s krokovým dopravníkem a chladicí pecí a popis současného stavu chladicí pece	14
1.5. Základní ekonomický rozbor současného stavu – zhodnocení poměru, kolik tepla se spotřebuje na ohřátí skleněného sortimentu proti kovovému pásu	15
1.6. Hrubý výpočet nákladů na ohřev pásu za 24 hodin	16
1.7. Souhrn požadavků na řešení nové chladicí pece	17
2. Koncepční řešení pohonu chladicí pece	18
2.1. Varianty dopravních systémů	18
2.1.1. Varianta „A“ – Pevná prizmata s pomocným přemísťovacím systémem	18
2.1.2. Varianta „B“ – Pevná prizmata unášená na článkovém řetězu	19
2.1.3. Varianta „C“ – Rotující šneky	20
2.2. Rozhodovací analýza	21
2.3. Volba koncepčního řešení dopravního systému do chladicí pece	22
3. Alternativní studie řešení pohonu chladicí pece pomocí šneků	23
3.1. Sklo SIMAX, vlastnosti, chemické složení	23
3.2. Chladicí křivka - definování základních délkových rozměrů chladicí pece	24
3.3. Analýza profilu vytvářející šroubovici šneku, rozměrová analýza šneku	25
3.3.1. Návrh průměrů, množství, rychlosti a délky šneku	25
3.3.2. Profil šroubovice	26
3.4. Analýza sortimentu lahviček z důvodu zhodnocení nutnosti axiálního seřazení šneků	27
3.5. Analýza pohybu lahviček	28
3.5.1. Určení velikosti vůle mezi lahvičkami a jádrem šneku – teorie	28

3.5.2. Podmínky valení, silové poměry mezi lahvičkou, podložkou a unášecím šnekem	31
---	----

4. Konstrukční řešení	36
4.1. Výkresová dokumentace	36
4.2. Chladicí pec – sestava	36
4.3. Šneky – transportní systém	37
4.3.1. Manipulátor na vstupu do chladic pece	40
4.4. Pohon šneků	40
4.4.1. Každý šnek má vlastní pohon	41
4.4.2. Centrální pohon	41
4.4.2.1. Pohon tvořený motorem+převodovkou+přímým rozvodem na šneky	42
4.4.2.2. Pohon tvořený motorem+převodovkou + předlohou	46
4.5. Rám	46
4.6. Plášť chladicí pece	49
5. Technickoekonomické hodnocení	51
5.1. Technické hodnocení	51
5.2. Ekonomické hodnocení	52
Závěr	53
Seznam použité literatury	54

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

ΔA	[mm]	mezera mezi šnekem a lahvičkou
ΔA_{min}	[mm]	minimální mezera mezi šnekem a lahvičkou
α	[°]	úhel stoupání šroubovice šneku
C_{oceli}	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	měrné teplo oceli
C_{Simaxu}	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	měrné teplo SIMAXu
d	[mm]	průměr jádra šneku
D	[mm]	hlavový průměr šneku
D_v	[mm]	redukovaný průměr lahvičky
e	[mm]	rameno valivého odporu
E	[MPa]	modul pružnosti oceli
$E_{pásu/24hodin}$	[GJ]	energie spotřebovaná za 24 hodin
f	[-]	koeficient tření podložka-lahvička
f_1	[-]	koeficient tření šnek-lahvička
H	[m]	výška kontaktu mezi šnekem a lahvičkou
Δl	[mm]	prodloužení šneku
L_p	[m]	délka pásu prošlého pecí za 24 hodin
L_v	[mm]	redukovaná délka lahvičky
m_p	[kg·m ⁻¹]	hmotnost 1m ² pásu
M_p	[kg]	hmotnost pásu prošlého pecí za 24 hodin
N	[N]	normálová síla od šneku na lahvičku
N_1	[N]	normálová síla od podložky na lahvičku
Q	[N]	výslednice síly od spojitého obtížení
$Q_{pásu}$	[MJ]	teplo dodané 0,4 m ² pásu

Úvod

Q_{skla}	[MJ]	teplo dodané sklu na $0,4 \text{ m}^2$ pásu
ρ_{oceli}	$[\text{g}\cdot\text{cm}^3]$	měrná hmotnost oceli
S_p	$[\text{m}^2]$	plocha 1 m pásu
Δt	$[\text{°C}]$	teplotní rozdíl
t_{ch}	$[\text{°C}]$	horní chladicí teplota
t_k	$[\text{°C}]$	konečná teplota
T	[N]	tečná síla od šneku na lahvičku
T_1	[N]	tečná síla od podložky na lahvičku
v_p	$[\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}]$	rychlost pásu chladicí pece
y_{max}	[mm]	maximální průhyb šneku

V kapitole 1 byl proveden celkový pohled na stav a účelem na analýzu jeho technické realizace.

V kapitole 2 bylo provedeno konceptní řešení pohonu chladicí pece a byly vyhodnoceny 3 varianty, které byly pomocí hodnotové analýzy porovnávány navzájem a se současnou pásovou chladicí pecí.

Kapitola 3 je věnovaná detailnímu řešení dopravního systému pomocí šneků. Jsou zde rozehrané technické a fyzikální aspekty navrhovaného řešení.

Kapitola 4 se zabývá konstrukčním provedením pohonu chladicí pece, které je doplněno výkresovou dokumentací.

V technickoekonomickém hodnocení (kapitola 5) byly vyčísleny příslušné náklady na konstrukci, výrobu a oživení chladicí pece a byly zde popsány výhody a nevýhody, které nový systém pohonu může přinést.

Úvod

Jednou z perspektivních výrob v a.s. Kavalier Sázava je výroba drobného skleněného obalového skla pro farmaceutické účely. Lékovky jsou vyráběny na výrobní lince od italské firmy S.P.A.M.I., jejíž součástí je též současná chladicí pásová pec.

Z vytvářecího karuselového stroje 3BS, kde jsou již výrobky rozměrově kontrolovány pomocí CCD kamery a následně prováděna selekce mimotolerančních rozměrů, jsou překládány na krokový dopravník, kde dochází ke kontrole délkového rozměru. Na kontrolní lince probíhá také dezalkalizace vnitřního povrchu a selekce chemicky neupravených kusů. Návacím manipulátorem jsou lahvičky překládány z výstupní pozice dopravníku na pás chladicí pece.

Vzhledem k záměru snížit provozní náklady na provoz chladicích pecí, je třeba navrhnout nové řešení dopravního systému tak, aby nedocházelo k neustálému ochlazování a znovuzahřívání transportního pásu.

Úkolem diplomové práce je navrhnout takový transportní systém, který by odstranil nejen již uvedený problém s energetickou náročností chladicího procesu, ale i dokázal uchladit celý sortiment v požadované kadenci 1 000 až 2 800 kusů za hodinu.

V kapitole 1 byl proveden rozbor současného stavu s důrazem na analýzu jeho tepelné náročnosti.

V kapitole 2 bylo provedeno koncepční řešení pohonu chladicí pece a byly vytvořeny 3 varianty, které byly pomocí hodnotové analýzy porovnávány navzájem a se současnou pásovou chladicí pecí.

Kapitola 3 je věnována alternativní studii řešení dopravního systému pomocí šneků. Jsou zde rozebrány technologické a fyzikální aspekty navrženého řešení.

Kapitola 4 se zabývá konstrukčním provedením pohonu chladicí pece, které je doplněno výkresovou dokumentací.

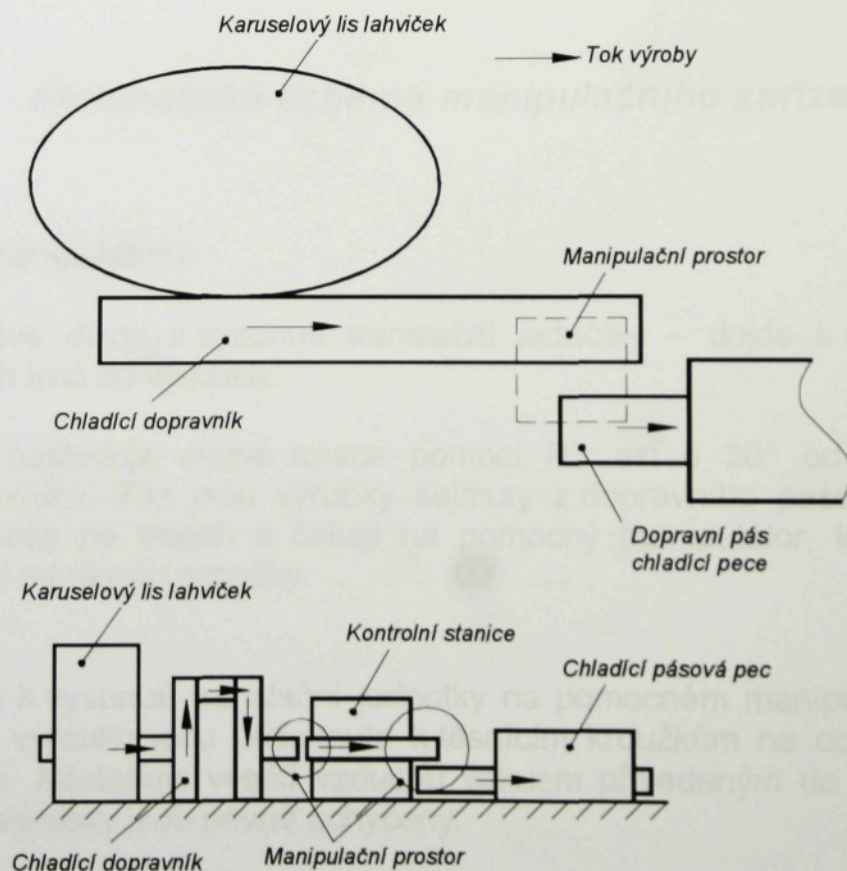
V technickoekonomickém hodnocení (kapitola 5) byly vyčísleny přibližné náklady na konstrukci, výrobu a oživení chladicí pece a byly zde popsány výhody a nevýhody, které nový systém pohonu může přinést.

1. Rozbor současného stavu

Tato kapitola přibližuje současné uspořádání linky, vazbu mezi karuselovým strojem, kontrolní linkou manipulátorem a chladicí pecí.

1.1. Půdorysné uspořádání

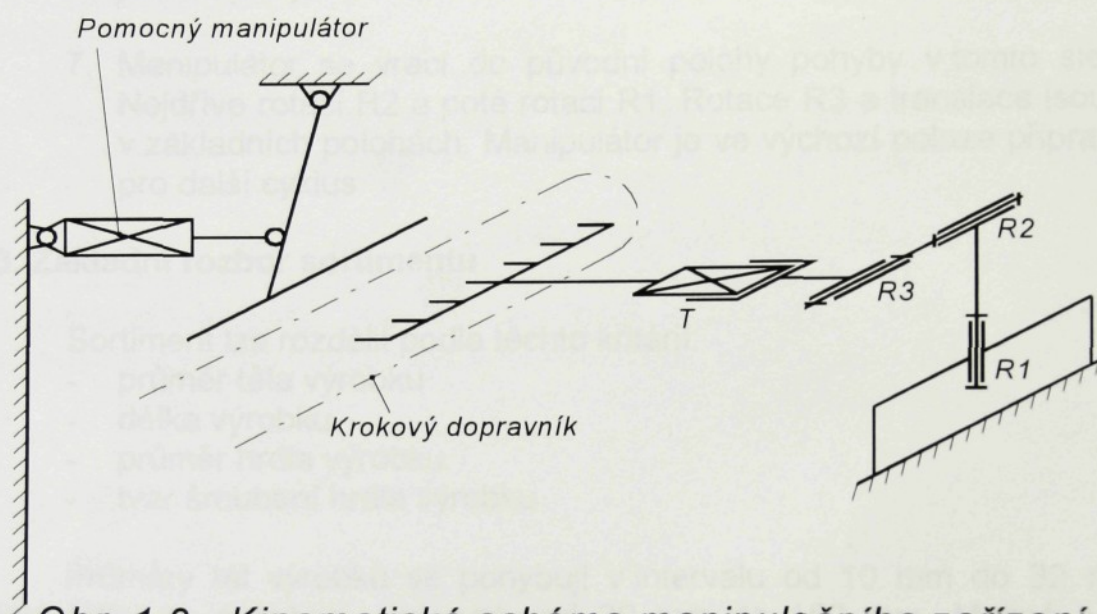
Schéma současného uspořádání je na obr. 1.1. Na začátku je karuselový lis produkující výrobky. Lis je plněn obsluhou shora ručně polotovary – skleněnými trubkami. Z karuselového lisu padají hotové výrobky skluzem na dopravník, který výrobky pronese chladicí částí dopravníku a sblíží jejich teplotu asi na 40°C . Následuje komunikační místo přeložení z vaničkového „chladicího“ dopravníku na měřicí linku. Krokový dopravník kontrolní linky je tvořen řetězem, který má prizmatické nástavce. Podle velikosti výrobků krokový dopravník pracuje v jednoduchém pracovním kroku nebo v dvojkroku. Pokud pracuje v dvojkroku, je každá druhá pozice neobsazena. Během pohybu výrobku na lince dochází k měření délky výrobku, k dezalkalizaci, případně může dojít k potisku. Tato možnost se ale v současné době nevyužívá, protože to zákazníci nežadají. Na konci měřicí linky dojde k uchopení sady výrobků (odebírají se po 8 nebo 16, podle kroku linky) manipulátorem, který přenesení sadu výrobků na dno dopravníku pasu chladicí pece.



Obr. 1.1 - Schéma současného stavu

1.2. Popis manipulačního zařízení

Kinematické schéma manipulátoru v základní poloze je znázorněno na obr. 1.2. Manipulátor odebírá výrobky ve vodorovné poloze a pokládá je na pás v poloze v poloze svislé a to tak, že osa chapadla v konečné poloze není kolmá k ose pásu, ale osy jsou vzájemně otočeny o 45° .



Obr. 1.2 - Kinematické schéma manipulačního zařízení

Popis činnosti manipulátoru:

1. Nejdříve dojde k vysunutí translační jednotky – dojde k vsunutí dutých trnů do výrobků.
2. Poté následuje mírná rotace pomocí $R3$ asi o 30° od roviny dopravníku. Tím jsou výrobky sejmuty z dopravního pasu. Jsou zavěšeny na trnech a čekají na pomocný manipulátor, který je přirazí na těsnící kroužky.
3. Dojde k vysunutí translační jednotky na pomocném manipulátoru. Hrdla výrobků jsou přitisknuta k těsnícím kroužkům na odnímací hlavici. Následuje vysátí vzduchu vakuem přivedeným do dutých trnů. Výrobky jsou pevně uchyceny.
4. Následuje rotace pomocí rotačního motoru $R1$ o 45° . Po dokončení rotace dojde k vrácení rotační jednotky $R3$ do výchozí polohy.

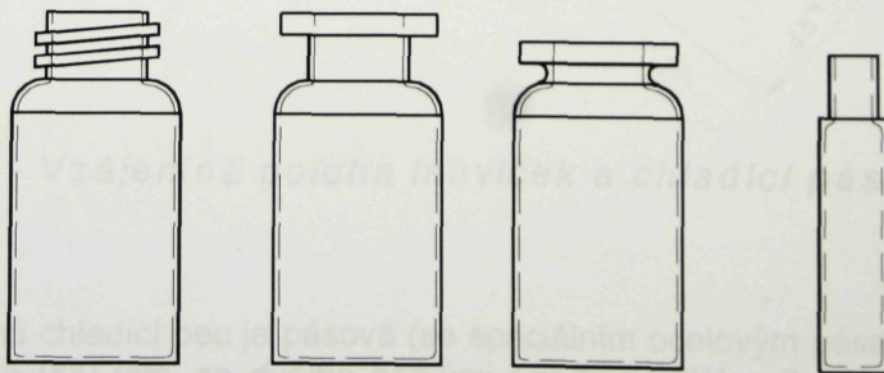
5. Rotací motoru R2 o 90° dojde k nastavení úchopné hlavice do polohy, kde výrobky jsou ve svislé poloze nad pásem chladicí pece.
6. Výrobky jsou několik milimetrů nad pásem a uvolněním vakua padají na pás. Jejich dopad je kontrolován a veden trnem, který zasahuje do výrobku. Rychlost pásu je velmi nízká, takže skutečnost, že trn je ještě ve výrobku, který už jede po páse, nevadí. Po uvolnění vakua a dopadu dochází k zasunutí translační jednotky. Výrobkům nebrání nic v pohybu do chladicí pece.
7. Manipulátor se vrací do původní polohy pohyby v tomto sledu: Nejdříve rotací R2 a poté rotací R1. Rotace R3 a translace jsou již v základních polohách. Manipulátor je ve výchozí poloze připraven pro další cyklus.

1.3. Základní rozbor sortimentu

Sortiment lze rozdělit podle těchto kritérií:

- průměr těla výrobku
- délka výrobku
- průměr hrdla výrobku
- tvar šroubení hrdla výrobku

Průměry těl výrobků se pohybují v intervalu od 10 mm do 32 mm, jejich délky se pohybují v intervalu od 30 mm do 150 mm. Možné tvary ukončení jsou znázorněny na obr. 1.3.



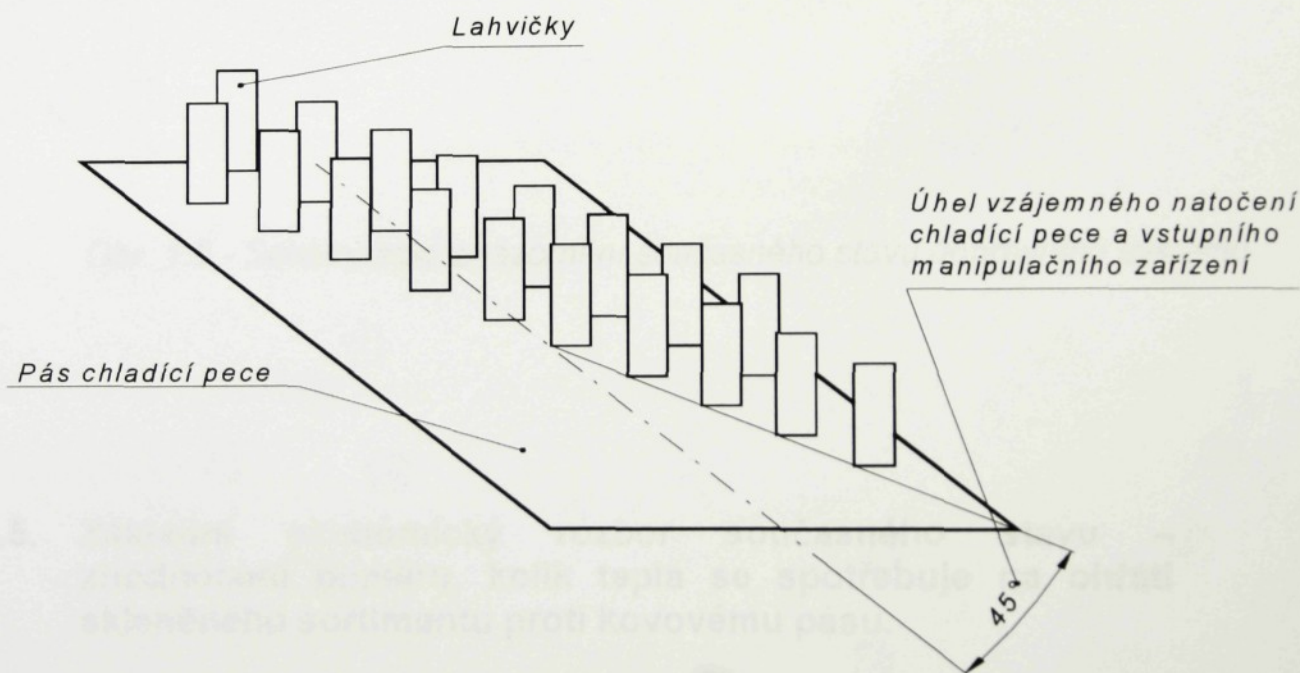
Obr. 1.3 - Možnosti ukončení hrdel výrobků

Hmotnost výrobků se pohybuje od 3.5 g do 45 g v závislosti na délce, průměru a zahrdlení výrobku.

1.4. Vazba manipulátoru s krokovým dopravníkem a chladicí pecí a popis současného stavu chladicí pece

Celá kontrolní linka je řízena počítačem. Základním vstupním parametrem je úhel natočení hybného hřídele kontrolní linky, který je poháněn z karuselového lisu. Linka tedy mění rychlost kroku podle sortimentu v závislosti na výrobnosti lisu. Počítač vyhodnocuje natočení hřídele a přiřazuje konkrétním hodnotám úhlů operace jednak kontrolní linky (krok, měření velikosti výrobků, vstřik dezalkálií atd.), tak i signály pro akční členy manipulačního zařízení.

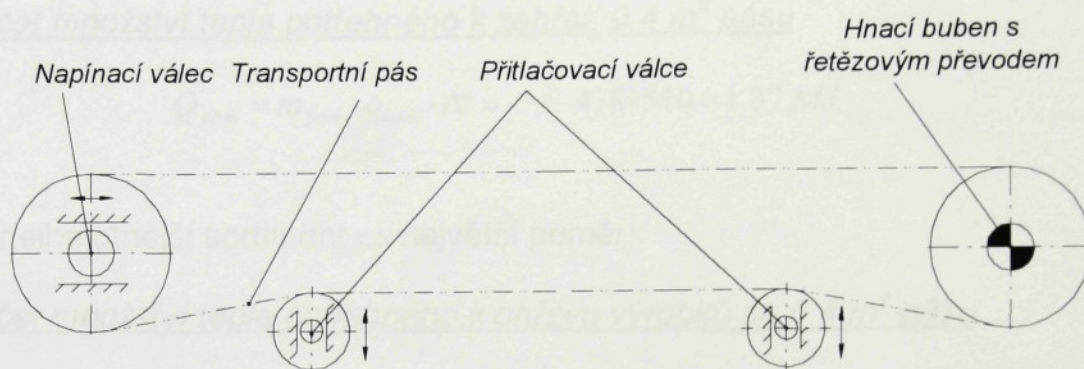
Chapadlo manipulačního zařízení uvolňuje sadu výrobků v okamžiku, kdy jsou několik milimetrů nad pásem chladicí pece (obr. 1.4.). Celé chapadlo je natočeno vůči chladicí peci o 45° . Důvodem je možnost manipulace s větším počtem výrobků najednou.



Obr. 1.4 - Vzájemná poloha lahviček a chladicí pásové pece

Současná chladicí pec je pásová (se speciálním ocelovým pásem), o celkové délce 5 000 mm, se dvěma horkými pásmy (o délce 3 000 mm). Napínání pásu je řešeno napínákem na hnaném bubnu. Vytápění pece je plynové, z čehož je patrná složitější konstrukce žárového pásma. Rychlost pásu v peci je velmi nízká (pohybuje se v řádu několik milimetrů za sekundu) a to z důvodů nejen kapacitních (je zbytečné mít větší rychlost pásu), ale

hlavně je to kvůli stabilitě sortimentu na pásu. Schématicky je dopravní systém stávající pece zachycen na obr. 1.5.



Obr. 1.5 - Schematické znázornění současného stavu dopravního systému

1.5. Základní ekonomický rozbor současného stavu – zhodnocení poměru, kolik tepla se spotřebuje na ohřátí skleněného sortimentu proti kovovému pásu.

Vstupní parametry:

Horní chladicí teplota

$$t_{ch}=530\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Konečná teplota

$$t_k=20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Měrná hmotnost

$$\rho=7.8\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$$

Měrné teplo oceli

$$C_{oceli}=478\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Měrné teplo Simaxu

$$C_{Simaxu}=506\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Teplotní rozdíl

$$\Delta t=510\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Hmotnost 1 m² pásu

$$m_p=14\text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

Plocha 1 m pásu

$$S_p=0.4\text{ m}^2$$

Rychlost pásu

$$v_p=3.5\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$$

Množství lahvíček na 1 m pásu – 80 ks, $m_{\max}=34\text{ g} \Rightarrow m_{\text{skla}}=2.72\text{ kg}^*$

Výpočet hmotnosti pásu

$$m_{\text{pásu}} = m_p \cdot S_p = 14 \cdot 0.4 = 5.6\text{ kg}$$

Výpočet celkové hmotnosti

$$m_{\text{celková}} = m_{\text{skla}} + m_{\text{pásu}} = 2.72 + 5.6 = 8.32\text{ kg}$$

Výpočet množství tepla potřebného k zahřátí 0.4 m^2 pásu

$$Q_{\text{pásu}} = m_{\text{pásu}} \cdot c_{\text{oceli}} \cdot \Delta t = 5.6 \cdot 478 \cdot 510 = 1.37\text{ MJ}$$

* pro nejhmotnější sortiment $\Rightarrow$ největší poměr

Výpočet množství tepla potřebného k ohřevu výrobků na 0.4 m^2 pásu

$$Q_{\text{skla}} = m_{\text{skla}} \cdot c_{\text{Si max u}} \cdot \Delta t = 2.72 \cdot 506 \cdot 510 = 0.7\text{ MJ}$$

Závěr

Nejlepší poměr $Q_{\text{skla}}/Q_{\text{pásu}}$, který nám může nastat – největší množství skla na pásu – je: $Q_{\text{skla}}/Q_{\text{pásu}}=0.51 \Rightarrow$ musíme dodat téměř dvojnásobek tepla pouze na ohřátí pásu, než co se spotřebuje na ohřev skleněných výrobků. Pro drobnější sortiment je tento poměr ještě méně příznivý.

1.6. Hrubý výpočet nákladů na ohřev pásu za 24 hodin

Vstupní parametry:

Měrné teplo oceli	$c_{\text{oceli}} = 478\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Teplovní rozdíl	$\Delta t = 510\text{ }^\circ\text{C}$
Hmotnost 1 m^2 pásu	$m_p = 14\text{ kg}\cdot\text{m}^2$
Rychlost pásu	$v_p = 3,5\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$

Délka pásu, který projde chladicí pecí za 24 hodin

$$L_p = v_p \cdot 3600 \cdot 24 = 302,4\text{ m/den}$$

Hmotnost pásu, který projde chladicí pecí za 24 hodin

$$M_p = L_p \cdot m_p = 302,4 \cdot 14 = 4234\text{ kg}$$

Množství energie, které se spotřebuje k ohřevu pásu za 24 hodin

$$E_{\text{pásu} / 24\text{ hodin}} = M_p \cdot c_{\text{oceli}} \cdot \Delta t = 4234 \cdot 0,478 \cdot 510 = 1,03\text{ GJ}$$

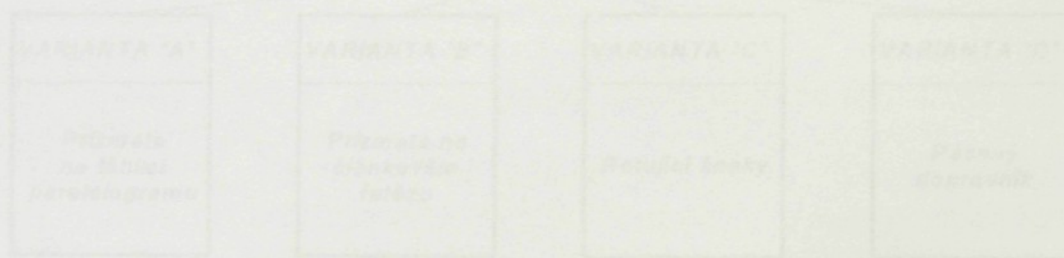
Množství peněz, které se spotřebuje k ohřevu pásu za 24 hodin

1 kWh = 3600 kJ $\Rightarrow$ spotřebuje se cca 287 kWh/den, počítáme-li průměrnou cenu 1 kWh 2,90 Kč, vychází celkové náklady na ohřev pásu 832 Kč/den, což dělá při 3 směnném provozu a 250 dnech cca 200 000 Kč/rok.

1.7. Souhrn požadavků na řešení nové chladicí pece

Navrhované řešení má splňovat všechny následující požadavky:

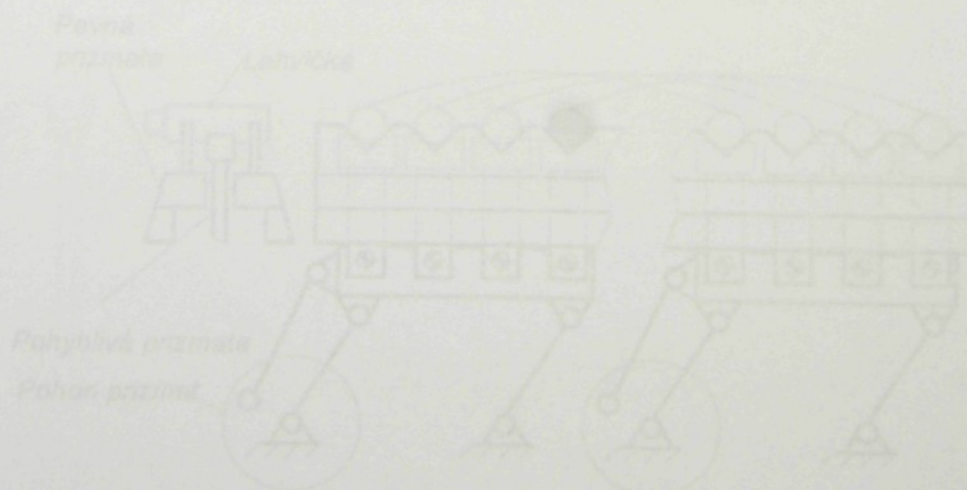
- odstranit nevhodné ohřívání pásu a tím snížit náklady
- zajistit komunikaci se stávajícím manipulačním zařízením na vstupu do chladicí pece, nebo alespoň zachovat jeho koncepci
- uchlazení 1000 – 2800 výrobků za hodinu, dle sortimentu
- možnost rychlého, snadného a spolehlivého přestavení stroje na nový sortiment



Obr. 2.1 - Přehled uvažovaných variant

2.1.1. Varianta „A“ – Prizmata na těhlicí paralelogramu

Princip je naznačen na obr. 2.2.



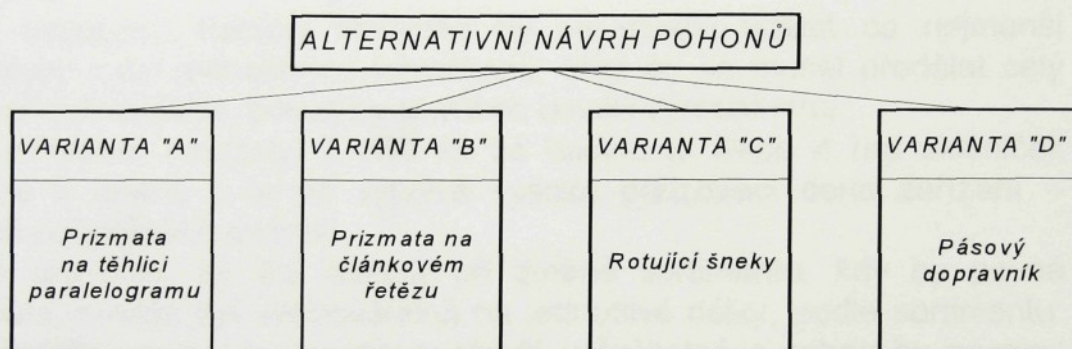
Obr. 2.2 - Prizmata na těhlicí paralelogramu

2. Koncepční řešení pohonu chladicí pece

Na základě rozboru současného stavu italské linky S.P.A.M.I. v závodě Kavalier a.s. závod Hostomice byla věnována pozornost novému koncepčnímu řešení chladicí pece s cílem snížit provozní náklady (náklady na energii, potřebnou pro ohřev chladicí pece).

2.1. Varianty dopravních systémů

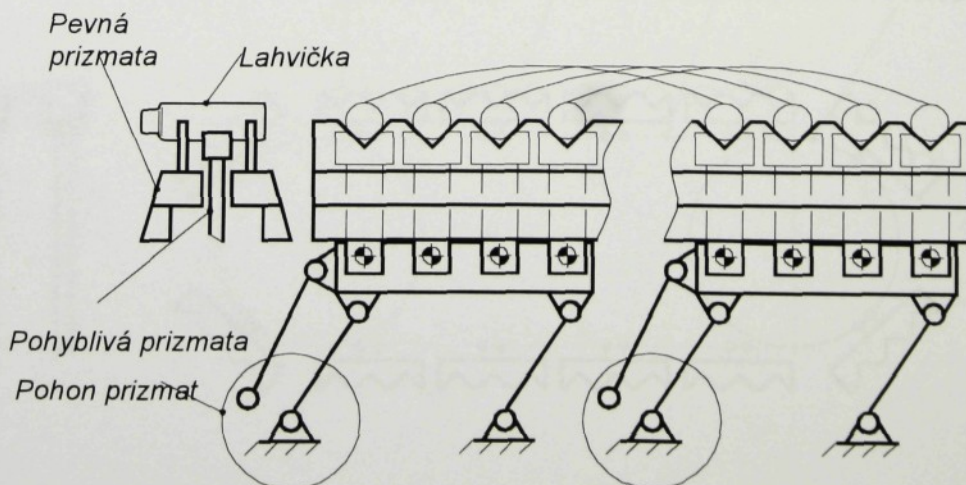
V koncepčním řešení byly uvažovány tři varianty dopravních systémů (obr.2.1).



Obr. 2.1 - Přehled uvažovaných variant

2.1.1. Varianta „A“ – Prizmata na těhlici paralelogramu

Princip je naznačen na obr. 2.2.



Obr. 2.2 - Prizmata na těhlici paralelogramu

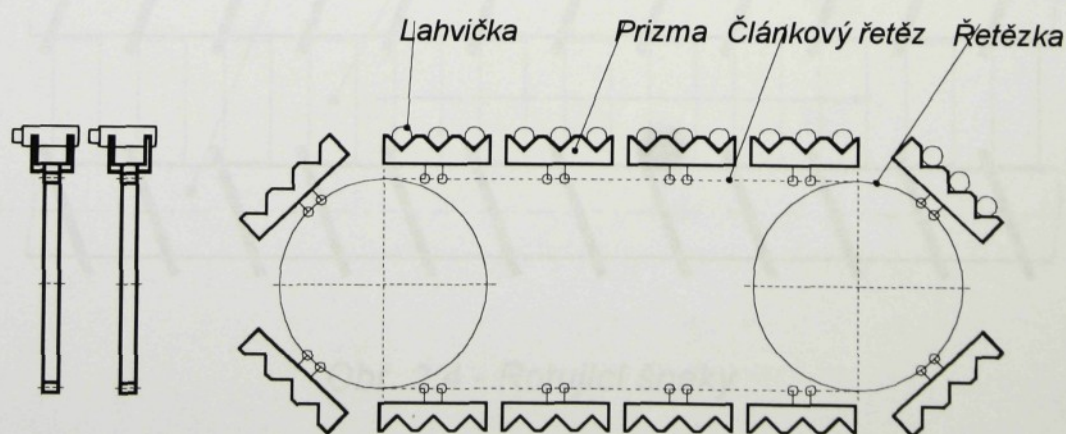
Z výše uvedeného obrázku vyplývá princip. Máme pevná prizmata, do kterých jsou pomocí manipulátoru z kontrolní linky vkládány lahvičky. Jak je vidět v bokorysu, pevná prizmata jsou tvarována ve spodní části tak, aby nedocházelo k velkým tepelným ztrátám. Pohyblivá prizmata jsou vždy zřetězena do skupin po 16 pozicích a takto upevněná jsou na paralelogramu, který je poháněn elektromotorem.

Tato varianta má několik poměrně obtížně řešitelných konstrukčních problémů:

- ♦ Podle konstrukčního provedení vidíme, že by bylo velmi komplikované vyřešit prohřívání skla ze spodu, což je pro rovnoměrné prohřátí lahviček nezbytné.
- ♦ Kvůli uchlazení daného množství by se museli udělat co nejmenší rozestupy mezi jednotlivými lahvičkami, čímž by se musel předělat celý vstupní manipulátor, pokud by to vůbec dovolil výrobní stroj.
- ♦ Pro uchlazení množství 2 800 ks za hodinu je třeba 4 řad skleniček v délce 5 metrů, z čehož vyplývá vysoká pořizovací cena zařízení – hlavně pohyblivých prizmat.
- ♦ Velké problémy by též nastaly při změně sortimentu, kdy by pevná prizmata musela být seřizovatelná na jednotlivé délky, podle sortimentu. Tato podmínka je v tomto řešení téměř neřešitelná a pohon by nesplnil podmínku rychlého přechodu na jiný sortiment.
- ♦ Velice komplikovaná a by byla i mechanická část pohyblivých prizmátek, kde bychom se jen velmi těžko vyvarovali poruch.

2.1.2. Varianta „B“ – Prizmata na článkovém řetězu

Princip je naznačen na obr. 2.3.



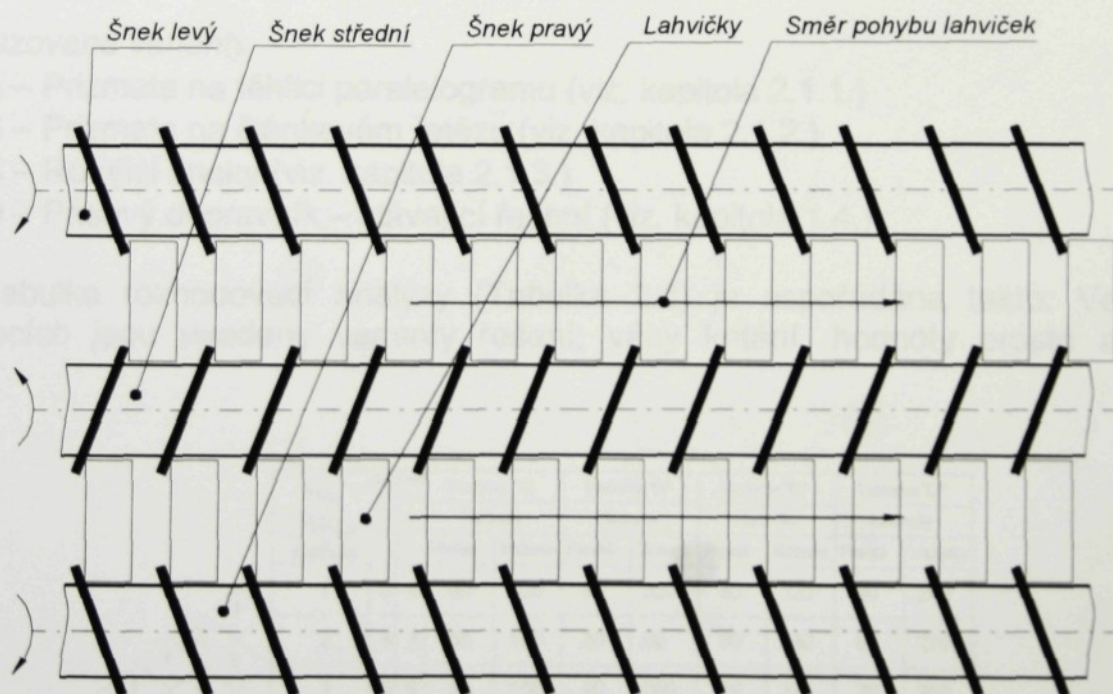
Obr. 2.3 - Prizmata na článkovém řetězu

Tato varianta má také několik velmi obtížně řešitelných konstrukčních problémů:

- ♦ Podle konstrukčního provedení vidíme, že by bylo velmi komplikované řešení nastavování šířky primzmátek při změně sortimentu. Prizmata by musela být nastavitelná, tak jako by musela být nastavitelná i rozteč mezi řetězovými koly.
- ♦ Kvůli uchlazení daného množství by se museli udělat co nejmenší rozestupy mezi jednotlivými lahvičkami, čímž by se musel předělat celý vstupní manipulátor, nehledě na to, že stávající manipulátor je uzpůsoben k zakládání pouze do jedné řady.
- ♦ Pro uchlazení množství $2\,800\text{ ks}\cdot\text{h}^{-1}$ je třeba minimálně 2 řad skleniček v délce 5 metrů, z čehož vyplývá komplikovanost transportního zařízení a jeho možná poruchovost.

2.1.3. Varianta „C“ – Rotující šneky

Princip je naznačen na obrázku č. 2.4.



Obr. 2.4 - Rotující šneky

Tento systém jsem navrhl z následujících důvodů:

- ♦ Lze poměrně dobře docílit prohrátí sortimentu ze všech stran, i ze spodu.

- ♦ Zaručené je i poměrně snadné seřízení vzdálenosti šneků při změně sortimentu, jak co se týče přesnosti, tak hlavně jednoduchosti.
- ♦ Zaručená je i rychlost přestavění a seřízení na jiný sortiment.
- ♦ Systém zaručuje při dvou řadách lahvíček (3 šneky), o délce 4.2 metrů uchazení celého sortimentu i požadovaného množství.
- ♦ Je možnost navázat se (po drobných úpravách) na stávající manipulátor a to sesouhlasením velikostí roztečí na výstupu z kontrolní linky se stoupáním šroubovice šneku.

2.2. Rozhodovací analýza

Rozhodovací metoda postihuje užité vlastnosti i zápory posuzovaných variant podle zvolených kritérií. S přihlédnutím k výše uvedenému rozboru byla pro rozhodovací analýzu zvolena následující kritéria:

- ♦ 1 – jednoduchost manipulace mezi inspekční linkou a vstupem chladicí pece pro celý sortiment a vazba na stávající manipulační zařízení
- ♦ 2 – jednoduchost přeseřízení na nový sortiment
- ♦ 3 – konstrukční jednoduchost a provozní spolehlivost dopravního systému
- ♦ 4 – předpoklady pro rovnoměrný ohřev chlazených výrobků
- ♦ 5 – jednoduchost manipulace na výstupu z chladicí pece
- ♦ 6 – „energetické nároky“ – cyklické tepelné namáhání a energetické nároky na transportní zařízení

Posuzované varianty

- ♦ A – Prizmata na těhlici paralelogramu (viz. kapitola 2.1.1.)
- ♦ B – Prizmata na článkovém řetězu (viz. kapitola 2.1.2.)
- ♦ C – Rotující šneky (viz. kapitola 2.1.3.)
- ♦ D – Pásový dopravník – stávající řešení (viz. kapitola 1.4.)

Tabulka rozhodovací analýzy (Tabulka 2.1) je uspořádána takto: Ve sloupcích jsou uvedeny varianty řešení, váhy kritérií, hodnoty prosté a

Váha Význam Kritérium		Varianta		Varianta "A"		Varianta "B"		Varianta "C"		Varianta "D"	
		Hodnota		Hodnota		Hodnota		Hodnota		Hodnota	
		Prostá	Vážená	Prostá	Vážená	Prostá	Vážená	Prostá	Vážená	Prostá	Vážená
1	3	4	80	320	80	320	80	320	60	240	
2	4	3	50	150	30	90	80	240	90	270	
3	2	5	50	250	40	200	75	375	70	350	
4	6	1	60	60	60	60	95	95	60	60	
5	5	2	30	60	30	60	95	190	90	180	
6	1	6	50	300	40	240	85	510	20	120	
Součet				1140		970		1730		1220	
Užitnost [%]				54		46		82		58	
Pořadí				3.		4.		1.		2.	

Tabulka 2.1 - Rozhodovací analýza

vážené a v řádcích jsou kritéria, podle kterých se řešení posuzuje. Na levé straně je rozhodovací tabulka je párové srovnání kritérií.

2.3. Volba koncepčního řešení dopravního systému do chladicí pece

Z rozhodovací analýzy je patrné, že z uvažovaných variant je nejvhodnější varianta „C“, která je založena na rotaci šneků a tím je dosaženo žádoucího pohybu lahvíček. Obrázek a základní popis je v kapitole 2.1.3.

Největší rozdíl mezi stávajícím řešením a novou koncepcí je bod 6 v rozhodovací analýze, ale nesmí se také opomenout bod 1, kde dojde na vstupu do chladicí linky ke zjednodušení manipulační úlohy a to v tom smyslu, že již nebude nutné stavět lahvičky na pás, ale budou stále v horizontální poloze. Důležitým aspektem, který podporuje novou koncepci, je stabilita nového systému, která může být narušena vstupem nekvalitního výrobku. Jedná se o lavinový efekt, ke kterému může v pásové peci dojít.

3.1. Sklo SIMAX, vlastnosti, chemické složení

Je to lehké, ale i chemicky odolné sklo s složením

SiO ₂	80,0 %
B ₂ O ₃	11,9 %
Al ₂ O ₃	2,9 %
CaO	0,3 %
Na ₂ O	4,3 %
K ₂ O	0,3 %

V provozu se ze skla SIMAX vyrábějí nejen tlustostěnné aparatury, kuchyňské nádobí, tenkostěnné trubice a v našem případě lahvičky a ampule určené pro farmaceutický průmysl. SIMAX lze také svařovat a to kyslíkopropanovým plamenem.

Výrobky ze SIMAXU lze léž obrábět. SIMAX neobsahuje těžké prvky, proto se dobře hodí pro biologické účely. Všechny výhodné vlastnosti SIMAXU jsou dány vysokým obsahem SiO₂ a malým obsahem alkálií.

Hustotou se řadí SIMAX mezi nelehčí křemičité skla a jeho hustota je při 20°C $\rho=2,23 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Teplotní roztažnost ($\alpha=32\cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$) a je jednou z nejnižších z technických skel vyráběných u nás.

Co do chemické odolnosti patří SIMAX k vodě a ke kyselinám do I. třídy, kdežto k alkáliím do II. třídy.

Pro tepelné zpracování je důležitou vlastností viskozita SIMAXU, zvláště její charakteristické body.

3. Alternativní studie řešení pohonu chladicí pece pomocí šneků

Tato kapitola se již zabývá vybranou alternativou „C“ (viz. kapitola 3.1.2.), ale pouze její teoretickou částí. V následujících odstavcích jsou podrobněji rozebrány následující problémy:

- ♦ sklo SIMAX, vlastnosti, chemické složení;
- ♦ chladicí křivka – definování základních délkových rozměrů chladicí pece;
- ♦ analýza profilu vytvářející šroubovici šneku, rozměrová analýza šneku;
- ♦ analýza sortimentu lahvíček z důvodu zhodnocení nutnosti axiálního seřízení šneků;
- ♦ analýza dynamiky pohybu lahvíček;
 - lahvíčky se chovají mezi šneky jako „předmět ve žlábků“ $\Rightarrow$ určení bezpečné mezery mezi lahvíčkou a tělem šneku, z důvodu zabránění přičení lahvíček mezi šneky;
 - silové poměry mezi lahvíčkou, podložkou a unášecím šnekem.

3.1. Sklo SIMAX, vlastnosti, chemické složení

Je to tepelně, ale i chemicky odolné sklo o složení:

SiO ₂	80,0 %
B ₂ O ₃	11,9 %
Al ₂ O ₃	2,9 %
CaO	0,3 %
Na ₂ O	4,6 %
K ₂ O	0,3 %

V provozu se ze skla SIMAX vyrábějí nejen tlustostěnné aparatury, kuchyňské nádobí, tenkostěnné trubice a v našem případě lahvíčky a ampule určené pro farmaceutický průmysl. SIMAX lze také svařovat a to kyslíkopropanovým plamenem.

Výrobky ze SIMAXU lze též obrábět. SIMAX neobsahuje těžké prvky, proto se dobře hodí pro biologické účely. Všechny výhodné vlastnosti SIMAXU jsou dány vysokým obsahem SiO₂ a malého obsahu alkálií.

Hustotou se řadí SIMAX mezi nejlehčí křemičitá skla a jeho hustota je při 20°C $\rho = 2.23 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

Teplotní roztažnost ($\alpha = 32 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$) a je jednou z nejnižších z technických skel vyráběných u nás.

Co do chemické odolnosti patří SIMAX k vodě a ke kyselinám do I. třídy, kdežto k alkáliím do II. třídy.

Pro tepelné zpracování je důležitou vlastností viskozita SIMAXU, zvláště její charakteristické body.

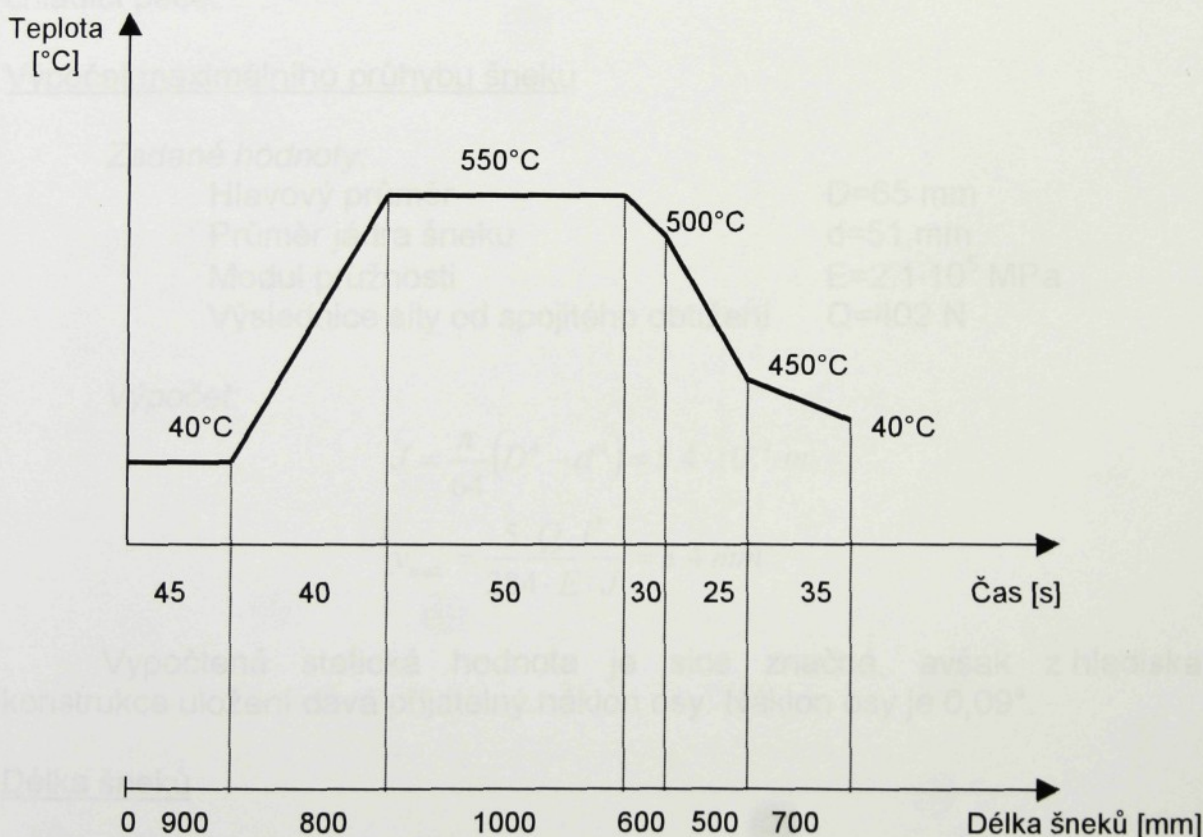
Transformační teplota	520 °C
Deformační teplota	590 °C
Bod měknutí	820 °C
Bod tečení	1094 °C
Pracovní teplota	1240 °C

Sklo SIMAX je značně tvrdé, až o 60% oproti tabulovému sklu.

Pro základní určení velikosti chladicího pásma pece musím spočítat chladicí křivku SIMAXU.

3.2. Chladicí křivka - definování základních délkových rozměrů chladicí pece

Průběh chladicí křivky vychází z technických údajů a zkušeností o SIMAXu z Kavalier a.s. Křivka je znázorněna na obr. 3.1. Z průběhu chladicí křivky byly odvozeny i délky jednotlivých částí chladicí pece.



Obr. 3.1 - Chladicí křivka SIMAXu

Celková doba cyklu od založení do vychystání je 3.75 minuty, kde technologická část cyklu zabírá 2.95 minut a celková délka šneků je 4.5 metrů.

Abychom dosáhli kvalitního uchlazení daného maximálního počtu lahviček, je nutné chladit sortiment ve dvou řadách. Lepším řešením by bylo

chladit v jedné řadě, ale chladicí pec by byla příliš dlouhá (viz. kapitola 3.3.1.).

3.3. Analýza profilu vytvářející šroubovici šneku, rozměrová analýza šneku

3.3.1. Návrh průměrů, množství, rychlosti a délky šneku

Průhyb šneku závisí především na vnějším a vnitřním průměru trubky, která tvoří jádro šneku a tomu jsou věnovány následující odstavce. Výpočet je statický a zjednodušený. Pokud bychom chtěli přesnější výpočet, museli bychom použít například metody konečných prvků, ale pro koncepční návrh tento zjednodušený výpočet postačí. Profil na jádře šneku by měl průhyb ještě zmenšit.

Je nutné udělat kompromis mezi dostatečnou pevností v ohybu a hmotností šneku, abychom se vyhnuli konstrukci podpěry v žárovém pásmu chladicí pece.

Výpočet maximálního průhybu šneku

Zadané hodnoty:

Hlavový průměr	$D=65 \text{ mm}$
Průměr jádra šneku	$d=51 \text{ mm}$
Modul pružnosti	$E=2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$
Výslednice síly od spojitého obtížení	$Q=402 \text{ N}$

Výpočet:

$$J = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) = 5,4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$y_{\max} = \frac{5 \cdot Q \cdot l^3}{384 \cdot E \cdot J} = 3,4 \text{ mm}$$

Vypočtená statická hodnota je sice značná, avšak z hlediska konstrukce uložení dává přijatelný náklon osy. Náklon osy je $0,09^\circ$.

Délka šneků

Jak je vidět z obr. 3.1, je délka šneků 4,5 metrů dostatečná, aby došlo ke kvalitnímu vychlazení výrobků.

Počet šneků

Ideálním řešením by byly 2 šneky (1 řada lahviček), což zde nelze použít, jelikož by se musela zdvojnásobit rychlost šneků a tím by se i na dvojnásobek zvětšila i délka celé chladicí pece. To by přineslo velké komplikace do konstrukce zařízení a nebyl by zaručen jeho bezporuchový provoz. Proto byly zvoleny 3 šneky o délce 4415 mm.

Rychlost a otáčky šneků

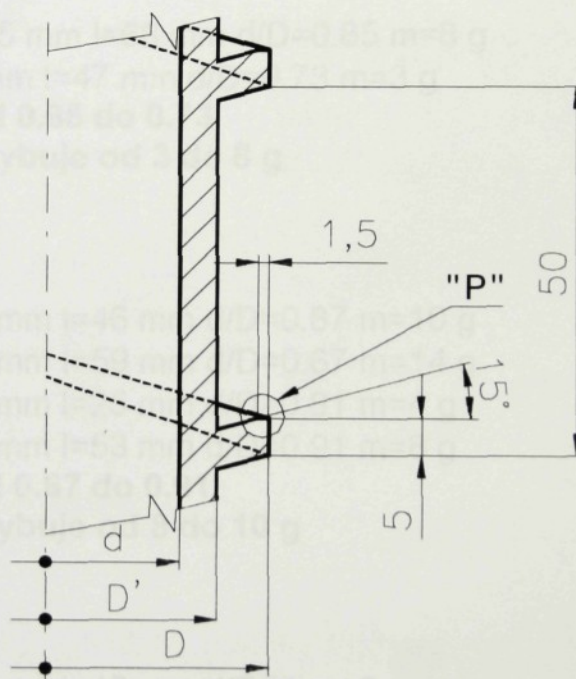
Na základě průběhu chladicího cyklu (viz. kapitola 3.2.), ze zvolené délky, rozteče a množství lahviček byla stanovena rychlost posuvu $v_{\text{posuvu}} = 20 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, což je při stoupání $50 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$, otáčky šneku $n_{\text{šneků}} = 0.4 \text{ ot} \cdot \text{s}^{-1}$.

3.3.2. Profil šroubovice

Tvar je nutné navrhnout s ohledem na následující technologické požadavky:

1. Dno i hrdlo sortimentu jsou zaobleny.
2. Je nutné dosáhnout kontrolovaného dotyku mezi lahvičkou a šnekem.
3. Stoupání šroubovice musí navazovat na rozteč vstupního manipulátoru.

Navržený tvar je znázorněn na obr. 3.2.



Obr. 3.2 - Tvar vytvářející šroubovici

Volím 15° zkosení z důvodu přesnějšího určení dotyku mezi šnekem a lahvičkou. To znamená, že kontakt mezi šnekem a lahvičkou bude na ploše, označené v obrázku jako „P“.

Stoupání šroubovice šneku je voleno 50 mm z důvodu navázání chladicí pece na vstupní manipulátor, který se shoduje s roztečí dopravníku kontrolní linky.

3.4. Analýza sortimentu lahviček z důvodu zhodnocení nutnosti axiálního seřizení šneků

Závitové lahvičky

Lahvička $\varnothing d=24$ mm $\varnothing=32$ mm $l=110$ mm $d/D=0.75$ $m=35$ g

Lahvička $\varnothing d=24$ mm $\varnothing=32$ mm $l=69$ mm $d/D=0.75$ $m=19$ g

Lahvička $\varnothing d=18$ mm $\varnothing=28$ mm $l=50$ mm $d/D=0.65$ $m=10$ g

Lahvička $\varnothing d=18$ mm $\varnothing=26$ mm $l=100$ mm $d/D=0.69$ $m=19$ g

Lahvička $\varnothing d=14$ mm $\varnothing=16$ mm $l=45$ mm $d/D=0.88$ $m=4$ g

Lahvička $\varnothing d=22$ mm $\varnothing=27$ mm $l=58$ mm $d/D=0.82$ $m=11$ g

Lahvička $\varnothing d=14$ mm $\varnothing=16$ mm $l=30$ mm $d/D=0.88$ $m=2,5$ g

Poměr d/D se pohybuje od 0.65 do 0.88

Hmotnost lahviček se pohybuje od 4 do 35 g

Lahvičky na zaklapovací zátku

Lahvička $\varnothing d=14$ mm $\varnothing=21,5$ mm $l=68$ mm $d/D=0.65$ $m=8$ g

Lahvička $\varnothing d=8$ mm $\varnothing=11$ mm $l=47$ mm $d/D=0.73$ $m=3$ g

Poměr d/D se pohybuje od 0.65 do 0.73

Hmotnost lahviček se pohybuje od 3 do 8 g

Lahvička – lékovka

Lahvička $\varnothing d=20$ mm $\varnothing=23$ mm $l=46$ mm $d/D=0.87$ $m=10$ g

Lahvička $\varnothing d=20$ mm $\varnothing=30$ mm $l=59$ mm $d/D=0.67$ $m=14$ g

Lahvička $\varnothing d=13$ mm $\varnothing=16$ mm $l=25$ mm $d/D=0.81$ $m=4$ g

Lahvička $\varnothing d=20$ mm $\varnothing=22$ mm $l=53$ mm $d/D=0.91$ $m=8$ g

Poměr d/D se pohybuje od 0.67 do 0.91

Hmotnost lahviček se pohybuje od 8 do 10 g

Lahvička na dražé

Lahvička $\varnothing d=18$ mm $\varnothing=18$ mm $l=45$ mm $d/D=1$ $m=6$ g

Lahvička $\varnothing d=25$ mm $\varnothing=26$ mm $l=60$ mm $d/D=0.75$ $m=9$ g

Lahvička $\varnothing d=27$ mm $\varnothing=28$ mm $l=115$ mm $d/D=0.96$ $m=28$ g

Poměr d/D se pohybuje od 0.75 do 1.00

Hmotnost lahviček se pohybuje od 6 do 28 g

Zhodnocení

Pro zjištění parametrů jsem využil soubor vzorků získaných od výrobce a zjistil jsem, že poměr d/D se pohybuje v rozsahu **0.65 do 1.00**. Pro přiblížení je tento rozdíl až **5 mm na poloměru**, což je poměrně veliký rozdíl a z důvodu nepravidelnosti pohybu lahvičky jsem se rozhodl **pro konstrukci s axiálním posuvem šneků oproti sobě**.

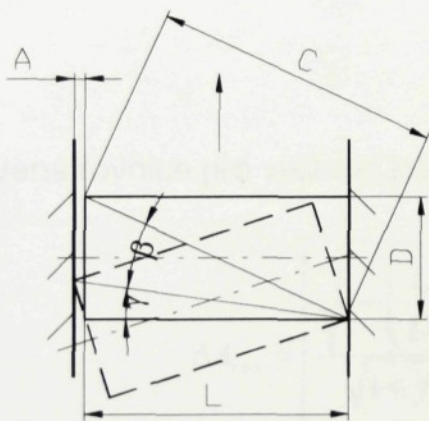
3.5. Analýza pohybu lahviček

3.5.1. Určení velikosti vůle mezi lahvičkami a jádrem šneku - teorie

Pohyb lahvičky při transportu pomocí šneků je spojen s obdobným silovým působením jaké má těleso valící se žlábkem. Z toho vyplývá možnost nebezpečí přičení lahviček a proto musíme definovat právě takovou vůli mezi šnekem a lahvičkou, aby byl pohyb lahviček co nejplynulejší.

Jak je vidět na obrázku č. 3.3, může se pohybující předmět ve žlábků o délce L a průměru D natočit o úhel β :

Velikost tohoto úhlu natočení závisí na velikosti vůle mezi předmětem a stěnami žlábků. Vůle A se volí tak velká, aby při otočení předmětu svírala úhlopříčka C s vodorovnou čarou úhel γ větší než třecí úhel φ . Pak tedy můžeme psát rovnice:



$$\cos(\gamma) = \frac{A+L}{C}$$

odtud

$$A = C \cdot \cos(\gamma) - L$$

nebo

$$A = \sqrt{D^2 + L^2} \cdot \cos(\gamma) - L$$

$$A = \left[\sqrt{1 + \left(\frac{L}{D}\right)^2} \cdot \cos(\gamma) - \frac{L}{D} \right] \cdot D$$

Obr. 3.3 - Válcový předmět ve žlábků

Po dosazení $\tan(\gamma)$ za $\cos(\gamma)$ (přičemž volíme $\tan(\gamma) = \tan(\varphi) = f$ přejede výraz pro veličinu ΔA v rovnici:

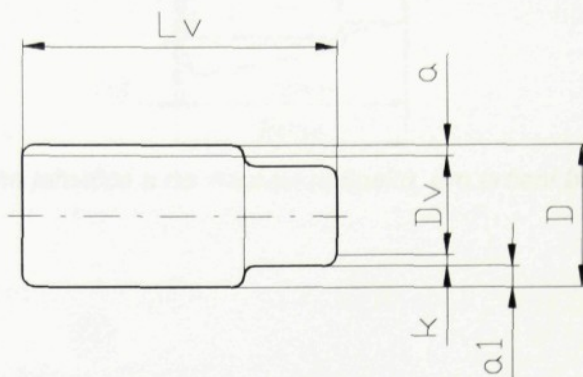
$$\Delta A = \left[\frac{\sqrt{1 + \left(\frac{L}{D}\right)^2}}{\sqrt{1 + f^2}} - \frac{L}{D} \right] \cdot D$$

Z takto naformulovaného vzorce můžeme snadno získat šířku mezery ΔA , známe-li průměr D , délku L a koeficient tření mezi bokem žlábků a dnem válečku f .

Toto platí pro hladký neosazený váleček. Pro náš případ se zavádí místo jmenovitého průměru D ekvivalentní průměr D_v a celkové délky L ekvivalentní délka L_v . Pro určení D_v a L_v byly experimentem zjištěny následující vztahy:

$L_v = L \dots$ celková délka lahvičky

$D_v = D - (a + a_1 + k)$, kde veličiny ve vzorci znamenají zakótované veličiny podle obr. 3.4.



Obr. 3.4 - Lahvička - rozměry potřebné ke zjištění D_v a L_v

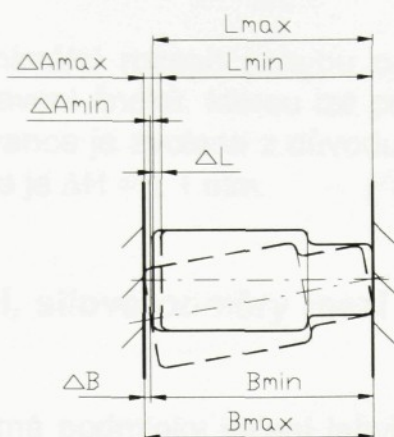
Upravená rovnice pro velikost štěrbin ΔA je:

$$\Delta A_{\min} = \left[\frac{\sqrt{1 + \left(\frac{L_v}{D_v} \right)^2}}{\sqrt{1 + f^2}} - \frac{L_v}{D_v} \right] \cdot D_v$$

Nesmí se zapomenout na výrobní tolerance sortimentu a toleranci nastavení šířky štěrbin. Podle obr. 3.5 odpovídá nejmenšímu předmětu největší vůle $\Delta A_{\max}$. Velikost největší vůle $\Delta A_{\max}$ se určí konstrukcí zařízení, které je směrodatné pro velikost tolerance nastavení šířky žlábků (ΔB), výrobní tolerance výrobků ΔL a nejmenší vůle $\Delta A_{\min}$. Vzorec vypadá následovně:

$$\Delta A_{\max} = \Delta L + \Delta A_{\min} + \Delta B$$

Při konstrukci se volí $A \geq \Delta A_{\min}$. Vliv tolerance průměru D se může vzhledem k velikosti ostatních tolerancí zanedbat.



Obr. 3.5 - Tolerance na lahvičce a na nastavení šneků, pro určení bezpečné mezery

Z provedené analýzy vyplývají protichůdné požadavky na velikost nastavené mezery:

- čím větší je difference a_1 , tím větší musí být mezera
- čím větší délka L_v , tím menší mezera musí být
- čím větší průměr D , tím větší mezera musí být

Tabulka 3.1 – Vypočtené hodnoty minimální mezery mezi šnekem a lahvičkou

	D [mm]	a [mm]	a_1 [mm]	k [mm]	L_v [mm]	f	D_v [mm]	ΔA_{min} [mm]
Závitové Lahvičky	32	0,5	4	0,5	110	0,1	27	2,70
	32	0,5	4	0,5	69	0,1	27	4,73
	28	0,5	5	0,5	50	0,1	22	4,35
	26	0,5	4	0,5	100	0,1	21	1,67
	16	0,5	1	0,5	45	0,1	14	1,89
	27	0,5	2,5	0,5	58	0,1	23,5	4,27
	16	0,5	1	0,5	30	0,1	14	2,94
"Zaklapovačky"	21,5	0,5	3,75	0,5	68	0,1	16,75	1,69
	11	0,5	1,5	0,5	47	0,1	8,5	0,53
"Lékovky"	23	0,5	1,5	0,5	46	0,1	20,5	4,11
	30	0,5	5	0,5	59	0,1	24	4,38
	16	0,5	1,5	0,5	25	0,1	13,5	3,27
	22	0,5	1	0,5	53	0,1	20	3,37
Lahvičky na dražé	18	0,5	0	0,5	45	0,1	17	2,87
	26	0,5	0,5	0,5	60	0,1	24,5	4,49
	28	0,5	0,5	0,5	115	0,1	26,5	2,43

Závěr

Z výše uvedené analýzy lze stanovit podmínku, že systém zajišťující příčný pohyb šneků (oproti technologickému toku sortimentu) při změně

sortimentu, musí mít minimální rozsah pohybu od 0 do 160 mm (včetně rezervy). Přesnost v nastavení šneků, kterou lze považovat za dostatečnou, je $\Delta B = \pm 0,25$ mm. Tolerance je zvolena z důvodu poměrně veliké výškové tolerance sortimentu, která je $\Delta H = \pm 1$ mm.

3.5.2. Podmínky valení, silové poměry mezi lahvičkou, podložkou a unášecím šnekem

Tato kapitola zkoumá podmínky valení lahvičky a vliv směru otáčení šneku na valení lahvičky. Úloha je rozdělena na 2 alternativy, podle řady lahviček. Úloha má několik zjednodušujících předpokladů:

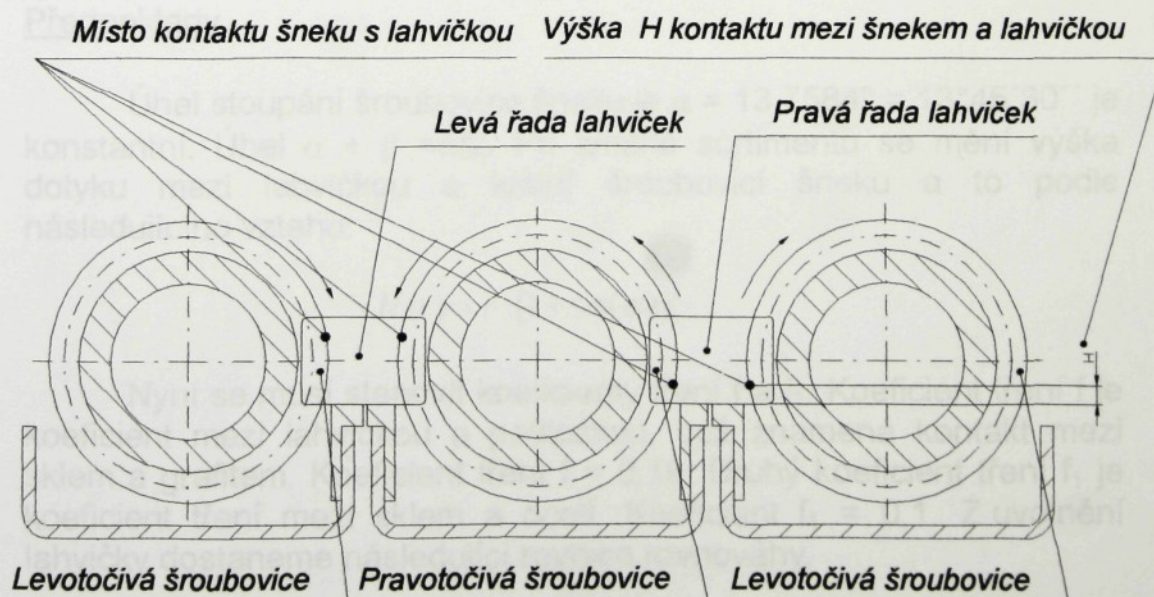
- ♦ Vycházíme ze stacionárního děje - kontakt mezi lahvičkou a šnekem je trvalý.
- ♦ Neplatí předpoklad konstantní rychlosti lahviček a nulového zrychlení.
- ♦ Kontakt od obou šneků na lahvičku nemusí být stejný a může docházet k nerovnoměrnostem v pohybu.

Představa pohybu lahvičky je následující. Lahvička po založení dostane od šneku impuls, odpoutá se od něj a začne se odvalovat. Nedojde tedy k trvalému kontaktu mezi šnekem a lahvičkou, což je příznivé.

Levá řada lahviček (ve směru pohybu lahviček) – rotace šneků „do podložky“

Pravá řada lahviček (ve směru pohybu lahviček) – rotace šneků „z podložky“

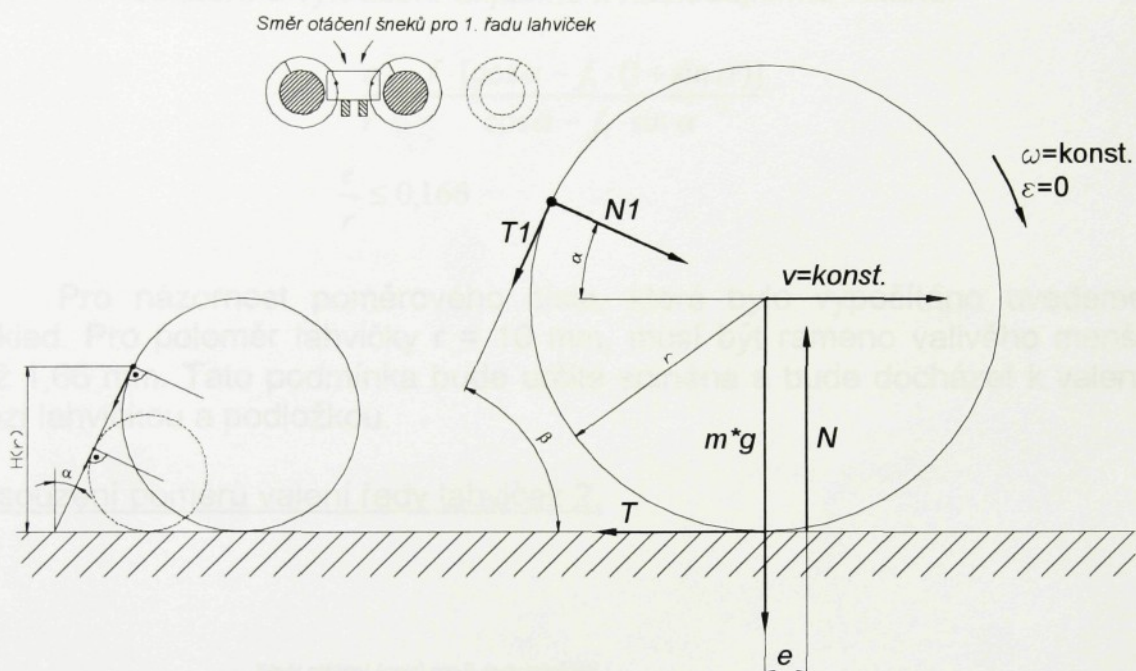
Vše je lépe vidět na obr. 3.6.



Obr. 3.6 - Schéma vztahů mezi lahvičkami, lištami a šneky

Cílem této kapitoly je získat představu o vztahu mezi poměrem e/r a koeficienty tření f a f_1 , kde e je rameno valení, r je poloměr lahvičky, f je koeficient tření mezi lahvičkou a podložkou a f_1 je koeficient tření mezi lahvičkou a šnekem. Z výše uvedených skutečností byly sestaveny 2 pseudostatické modely obr. 3.7 a obr. 3.8 (podle řady lahviček) a byl proveden jejich rozbor podmínek valení.

Posouzení poměrů valení řady lahviček 1:



Obr. 3.7 - Posouzení poměrů valení řady 1

Předpoklady

Úhel stoupání šroubovice šneku je $\alpha = 13,7584^\circ = 13^\circ 45' 30''$ je konstantní. Úhel $\alpha + \beta = \pi/2$. Při změně sortimentu se mění výška dotyku mezi lahvičkou a krajní šroubovicí šneku a to podle následujícího vztahu:

$$H(r) = r \cdot [1 + \sin(\alpha)]$$

Nyní se musí stanovit koeficienty tření f a f_1 . Koeficient tření f je koeficient mezi lahvičkou a podložkou, což znamená kontakt mezi sklem a grafitem. Koeficient tření $f = 0,19$. Druhý koeficient tření f_1 je koeficient tření mezi sklem a ocelí. Koeficient $f_1 = 0,1$. Z uvolnění lahvičky dostaneme následující rovnice rovnováhy.

Rovnice rovnováhy

$$-T_1 \cdot \sin \alpha + N_1 \cdot \cos \alpha - T = 0$$

$$-N_1 \cdot \sin \alpha - T_1 \cdot \cos \alpha + N - m \cdot g = 0$$

$$T \cdot r - T_1 \cdot r - N \cdot e = 0$$

$$T_1 = N_1 \cdot f_1$$

$$v_s = \omega \cdot r$$

$$\text{podmínka valení } T \leq N \cdot f$$

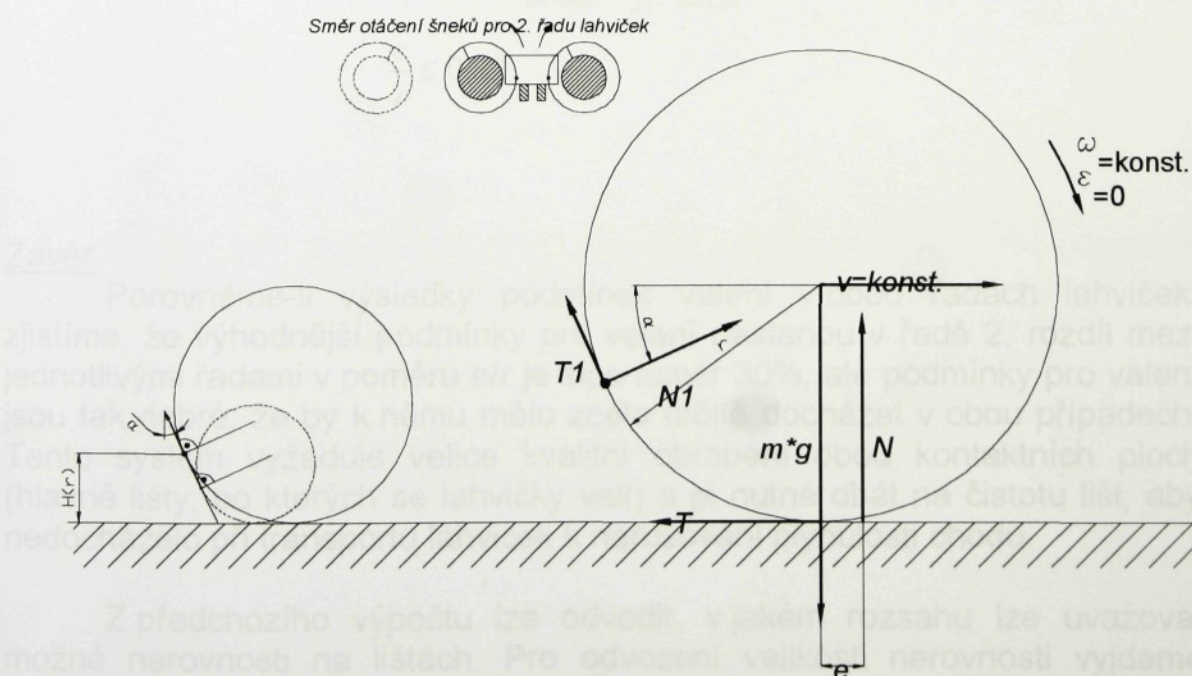
Po dosazení a vykrácení dojdeme k následujícímu vztahu:

$$\frac{e}{r} \leq \frac{f \cdot [\cos \alpha - f_1 \cdot (1 + \sin \alpha)]}{\cos \alpha - f_1 \cdot \sin \alpha}$$

$$\frac{e}{r} \leq 0,166$$

Pro názornost poměrového čísla, které bylo vypočítáno uvedeme příklad. Pro poloměr lahvičky $r = 10$ mm, musí být rameno valivého menší než 1,66 mm. Tato podmínka bude určitě splněna a bude docházet k valení mezi lahvičkou a podložkou.

Posouzení poměrů valení řady lahviček 2:



Obr. 3.8 - Posouzení poměrů valení řady 2

Stoupání šroubovice je stejné jako v řadě 1. Úhel $\alpha + \beta = \pi/2$. Při změně sortimentu se mění výška dotyku mezi lahvičkou a krajní šroubovici šneku a to podle následujícího vztahu:

$$H(r) = r \cdot [1 - \sin(\alpha)]$$

Koeficienty tření f a f_1 jsou již výše uvedeny a jsou stejné v obou řadách lahviček. Koeficient tření $f = 0,19$. Koeficient $f_1 = 0,1$. Z uvolnění lahvičky dostaneme následující rovnice rovnováhy.

Rovnice rovnováhy

$$\begin{aligned} -T_1 \cdot \sin \alpha + N_1 \cdot \cos \alpha - T &= 0 \\ N_1 \cdot \sin \alpha + T_1 \cdot \cos \alpha + N - m \cdot g &= 0 \\ T \cdot r + T_1 \cdot r - N \cdot e &= 0 \\ T_1 &= N_1 \cdot f_1 \\ v_s &= \omega \cdot r \\ \text{podmínka valení } T &\leq N \cdot f \end{aligned}$$

Po dosazení a vykrácení dojdeme k následujícímu vztahu:

$$\frac{e}{r} \leq \frac{f \cdot [\cos \alpha + f_1 \cdot (1 - \sin \alpha)]}{\cos \alpha - f_1 \cdot \sin \alpha}$$

$$\frac{e}{r} \leq 0,22$$

Závěr

Porovnáme-li výsledky podmínek valení v obou řadách lahviček, zjistíme, že výhodnější podmínky pro valení nastanou v řadě 2, rozdíl mezi jednotlivými řadami v poměru e/r je sice téměř 30%, ale podmínky pro valení jsou tak dobré, že by k němu mělo zcela určitě docházet v obou případech. Tento systém vyžaduje velice kvalitní obrobek obou kontaktních ploch (hlavně lišty, po kterých se lahvičky valí) a je nutné dbát na čistotu lišt, aby nedocházelo při transportu lahviček k narušování plynulosti chodu.

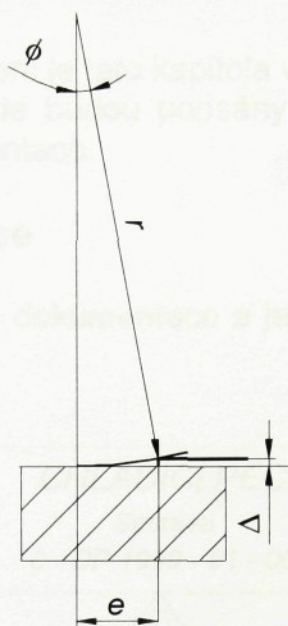
Z předchozího výpočtu lze odvodit, v jakém rozsahu lze uvažovat možné nerovnosti na lištách. Pro odvození velikosti nerovnosti vyjdeme z obr. 3.9.

4. Konstrukční řešení pohonu chladičí pece

Po zvolení optimálního řešení je kapitola věnována konstrukčnímu řešení varianty „G“. Podrobně zde budou popsány jednotlivé uzly chladičí pece a systém výkresové dokumentace.

4.1. Výkresová dokumentace

Schéma členění výkresové dokumentace a její číslování s popisem je naznačeno na obr. 4.1.



Obr. 3.9 - Odvození maximální možné nerovnosti na lištách

$$\Delta = r \cdot (1 - \cos \varphi)$$

$$e = r \cdot \sin \varphi$$

$$\varphi = \arcsin \frac{e}{r}$$

$$\Delta = r \cdot \left[1 - \cos \left(\arcsin \frac{e}{r} \right) \right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta < r \cdot \left[1 - \cos \left(\arcsin \frac{e}{r} \right) \right]$$

Jak je vidět z výpočtu, závisí velikost možné nerovnosti na poloměru lahvičky. Po dosazení vychází velikost nerovnosti v intervalu $\Delta = (0,07 \div 0,2)$ mm, čehož je možné dosáhnout.

Základním výkresem znázorňujícím sestavu chladičí pec je výkres sestavy 0 - DP 1999 - 01 - 00. Ze sestavného výkresu CHLADIČÍ PEC je patrná návaznost jednotlivých konstrukčních uzlů - podsestav: Rám, Pohon, Šneky, Plášť chladičí pece.

4.2. Chladičí pec - sestava

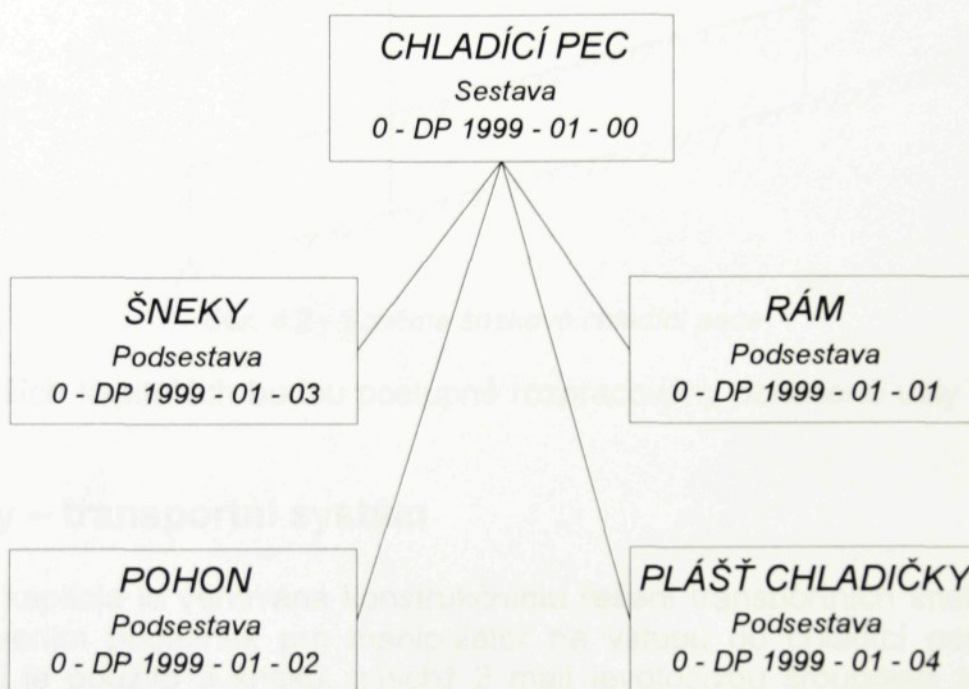
Tato kapitola je věnována celkovému náhledu a schematickému popisu chladičí pece. Na obr. 4.2 je znázorněna šneková chladičí pec.

4. Konstrukční řešení pohonu chladicí pece

Po zvolení optimálního řešení je tato kapitola věnována konstrukčnímu řešení varianty „C“. Podrobně zde budou popsány jednotlivé uzly chladicí pece a systém výkresové dokumentace.

4.1. Výkresová dokumentace

Schéma členění výkresové dokumentace a její číslování s popisem je naznačeno na obr. 4.1.

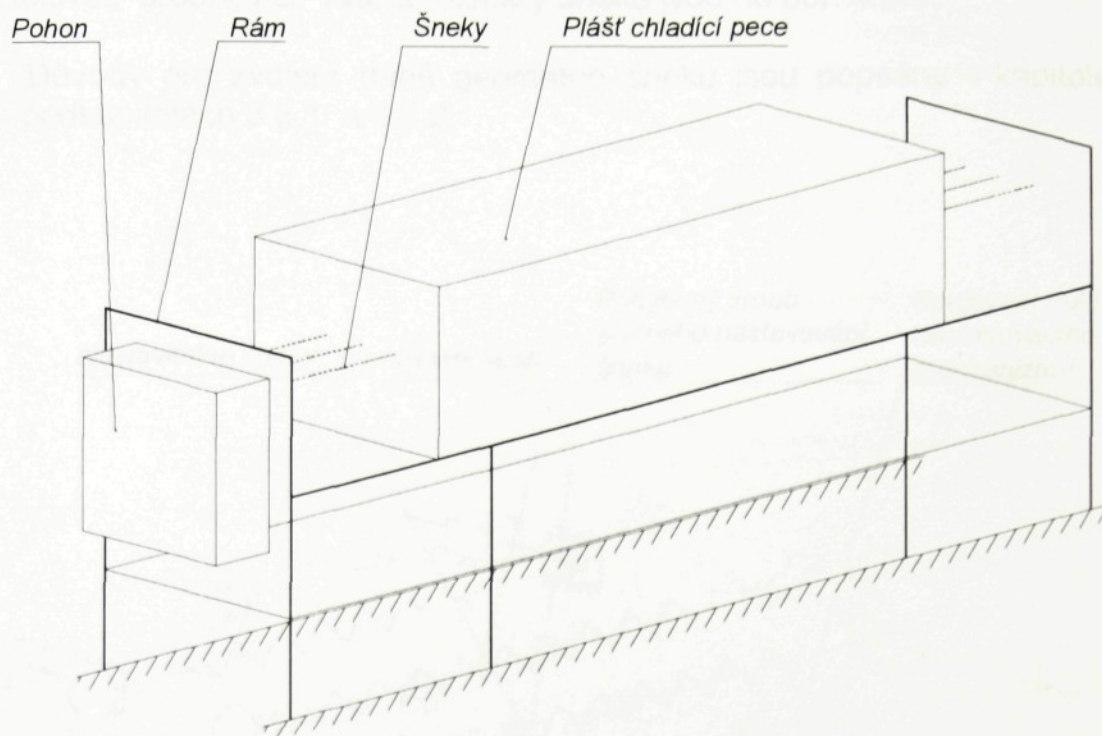


Obr. 4.1 - Schéma výkresové dokumentace

Základním výkresem znázorňujícím celou chladicí pec je výkres sestavy 0 - DP 1999 - 01 - 00. Ze sestavného výkresu CHLADÍČÍ PEC je patrná návaznost jednotlivých konstrukčních uzlů – podsestav: Rám, Pohon, Šneky, Plášť chladicí pece.

4.2. Chladicí pec - sestava

Tato kapitola je věnována celkovému náhledu a schematickému popisu chladicí pece. Na obr. 4.2 je znázorněna šneková chladicí pec.

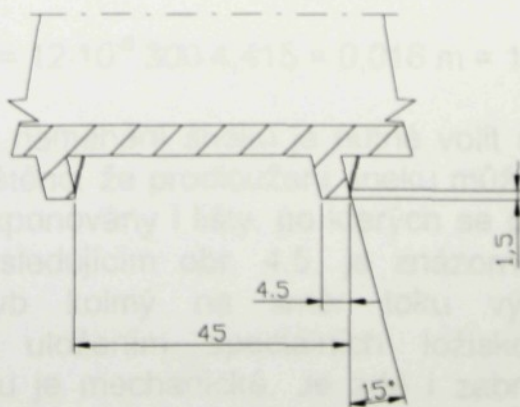
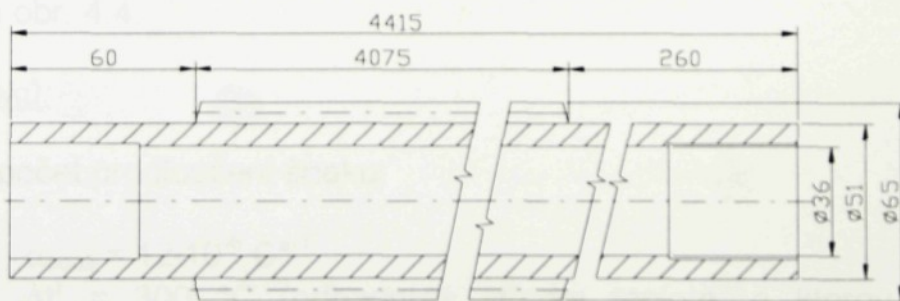


Obr. 4.2 - Schéma šnekové chladicí pece

V dalších kapitolách budou postupně rozpracovány označené uzly na obr. 4.2.

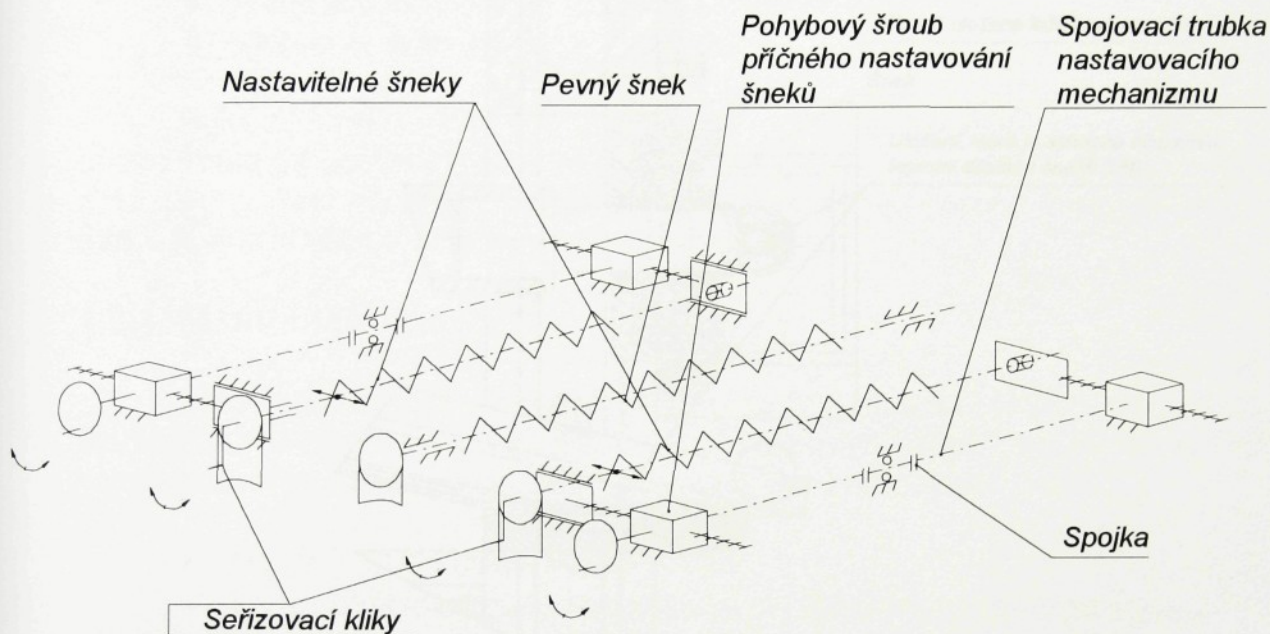
4.3. Šneky – transportní systém

Tato kapitola je věnována konstrukčnímu řešení transportních šneků, ale i sestavením podmínek pro manipulátor na vstupu do chladicí pece. V konstrukci je použito 3 šneků, z nichž 2 mají levotočivou šroubovici a 1



pravotočivou šroubovici. Tvar a rozměry šneků jsou na obr. 4.3.

Důvody pro zvolení dané geometrie šneků jsou popsány v kapitole 3.3. a podkapitolách 3.3.1. a 3.3.2.



Obr. 4.4 - Schéma šneků a jejich nastavovací mechanismus

Schéma šneků a jejich nastavovacího mechanismu je nakresleno a popsáno na obr. 4.4.

Uložení šneků:

Přibližný výpočet prodloužení šneku:

$$\alpha_{\text{oceli}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

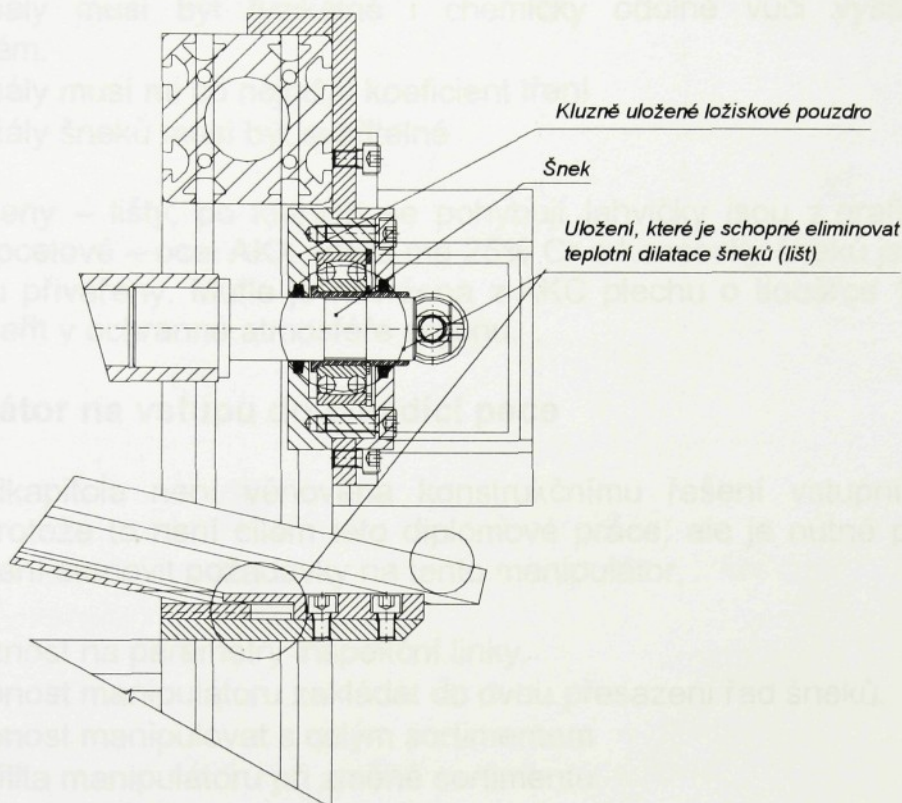
$$\Delta t' = 300 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (odhadnutá střední teplota, o kterou by se teoreticky prohřál celý šnek)}$$

$$l = 4,415 \text{ m}$$

$$\Delta l = \alpha_{\text{oceli}} \cdot \Delta t' \cdot l = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 300 \cdot 4,415 = 0,016 \text{ m} = 16 \text{ mm}$$

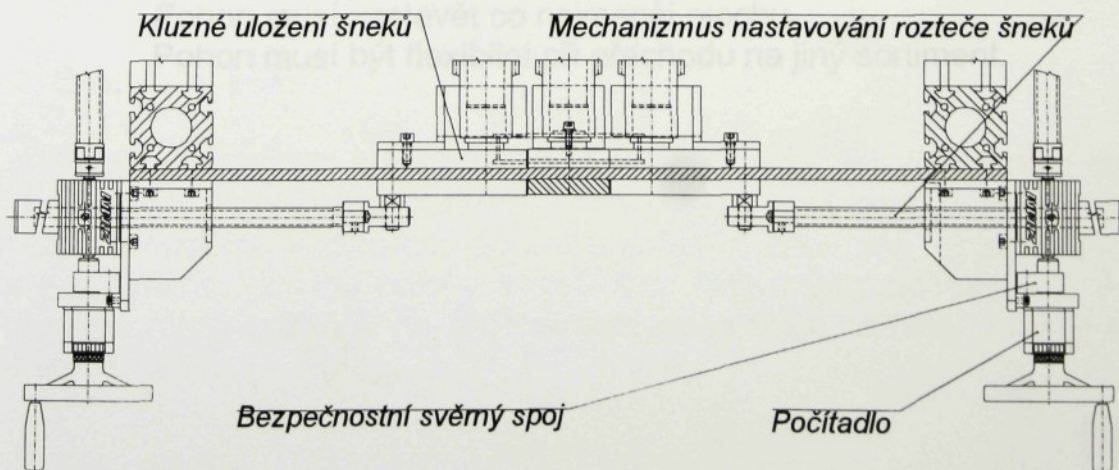
Z důvodu tepelného namáhání šneku je nutné volit speciální „volné“ uložení. Výpočtem bylo zjištěno, že prodloužení šneku může být až 16 mm. Stejným způsobem jsou exponovány i lišty, po kterých se pohybují lahvičky skrz chladicí pec. Na následujícím obr. 4.5. je znázorněno konstrukční provedení uložení. Pohyb kolmý na směr toku výrobků zajišťuje mechanismus s kluzným uložením speciálních ložiskových pouzder. Nastavování rozteče šneku je mechanické. Je zde i zabráněno možnosti

nechtěného přenastavení rozteče pomocí svěrného spoje. Hodnoty nastavení jsou na číselníku dodaným firmou ELESA. Pro lepší představu zde obr. 4.6., kde je ukázáno konstrukční provedení nastavovacího mechanismu šneků.



Obr. 4.5 - Uložení tepelně namáhaných dílů (šneků, lišt)

Materiály použité v místech dotyku se skleněnými lahvičkami byly



Obr. 4.6 - Mechanismus nastavování rozteče šneků

voleny na základě několika požadavků:

- ♦ Materiál šneků a lišt nesmí v místě kontaktu s lahvičkou zanechávat vryp, nebo jinak poškozovat povrch lahvičky.
- ♦ Materiály nesmí špinit lahvičku.
- ♦ Materiály musí být fyzikálně i chemicky odolné vůči vyšším teplotám.
- ♦ Materiály musí mít co nejnižší koeficient tření
- ♦ Materiály šneků musí být svařitelné

Byly zvoleny – lišty, po kterých se pohybují lahvičky jsou z grafitu, těleso šneku je ocelové – ocel AKX, která má 25% Cr a koncovky šneků jsou z 12 040 a jsou přivařeny. Mufle je navržena z AKC plechu o tloušťce 1,5 mm. Je nutné vařit v ochranné atmosféře argonu.

4.3.1. Manipulátor na vstupu do chladicí pece

Tato podkapitola není věnována konstrukčnímu řešení vstupního manipulátoru, protože to není cílem této diplomové práce, ale je nutné pro kompletnost řešení stanovit požadavky na tento manipulátor.

- ♦ Návaznost na parametry inspekční linky.
- ♦ Schopnost manipulátoru zakládat do dvou přesazení řad šneků.
- ♦ Schopnost manipulovat s celým sortimentem
- ♦ Flexibilita manipulátoru při změně sortimentu

4.4. Pohon šneků

Na pohon jsou kladeny následující nároky, podle kterých se bude systém navrhovat.

Dosáhnout požadovaných otáček šneků $n_{\text{šneků}} = 0.4 \text{ ot} \cdot \text{s}^{-1}$.

Pohon musí umožnit samostatné natočení jednoho ze šneků pomocí ručního pohonu.

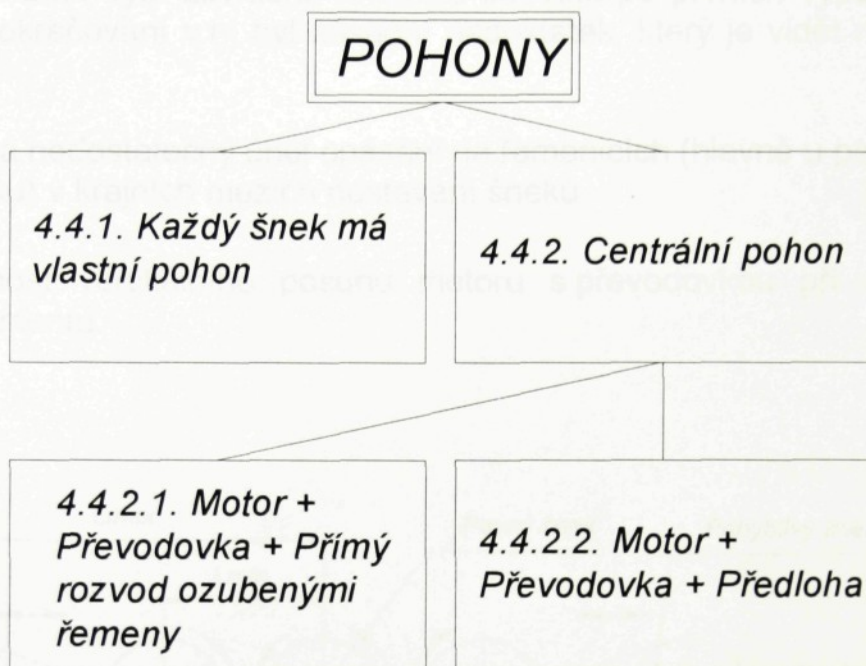
Pohon musí zastavět co nejmenší plochu.

Pohon musí být flexibilní při přechodu na jiný sortiment.

4.4.2. Centrální pohon

Tato varianta byla ještě rozdělena na dvě varianty, jak je patrné z obr. 4.7. Základním problémem, který se v této situaci zdal nejdůležitější, byla adaptabilita systému v závislosti na sortimentu. To znamená, aby došlo při změně sortimentu (změně polohy šneků) k co nejmenším změnám poměrů na pohonu (únily opásání na jednotlivých řemenicích, silové poměry na řemenicích...).

V první fázi se vychází z několika variant, které jsou naznačeny na obr. 4.7 a které budou podrobněji rozebrány v následujících kapitolách.



Obr. 4.7 - Přehled variant pohonů

4.4.1. Každý šnek má vlastní pohon

Byl proveden pouze jednoduchý výpočet nákladů a vyšlo, že pohon s řízením pro jeden šnek by v nákladech přišel na cca 100 000 Kč, z čehož jednoznačně plyne neefektivnost tohoto řešení.

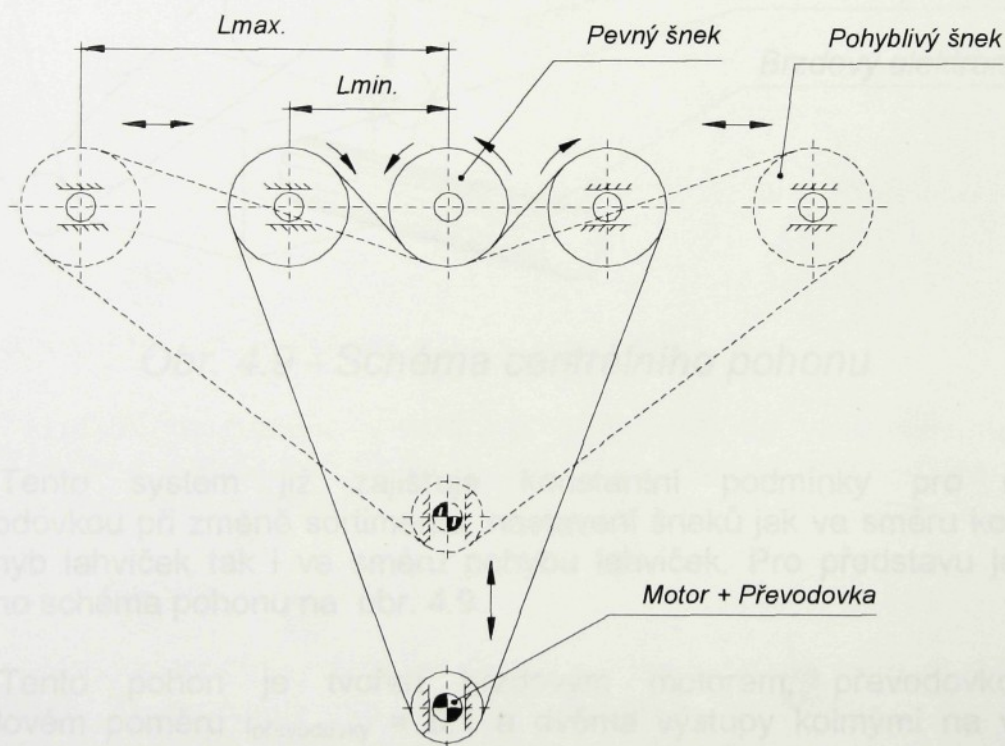
4.4.2. Centrální pohon

Tato varianta byla ještě rozdělena na 2 varianty, jak je patrné z obr. 4.7. Základním problémem, který se v této situaci zdál nejdůležitější, byla adaptabilita systému v závislosti na sortimentu. To znamená, aby došlo při změně sortimentu (změně polohy šneků) k co nejmenším změnám poměrů na pohonu (úhly opásání na jednotlivých řemenicích, silové poměry na řemenicích...).

4.4.2.1. Pohon tvořený motorem, převodovkou a přímým rozvodem na šneky.

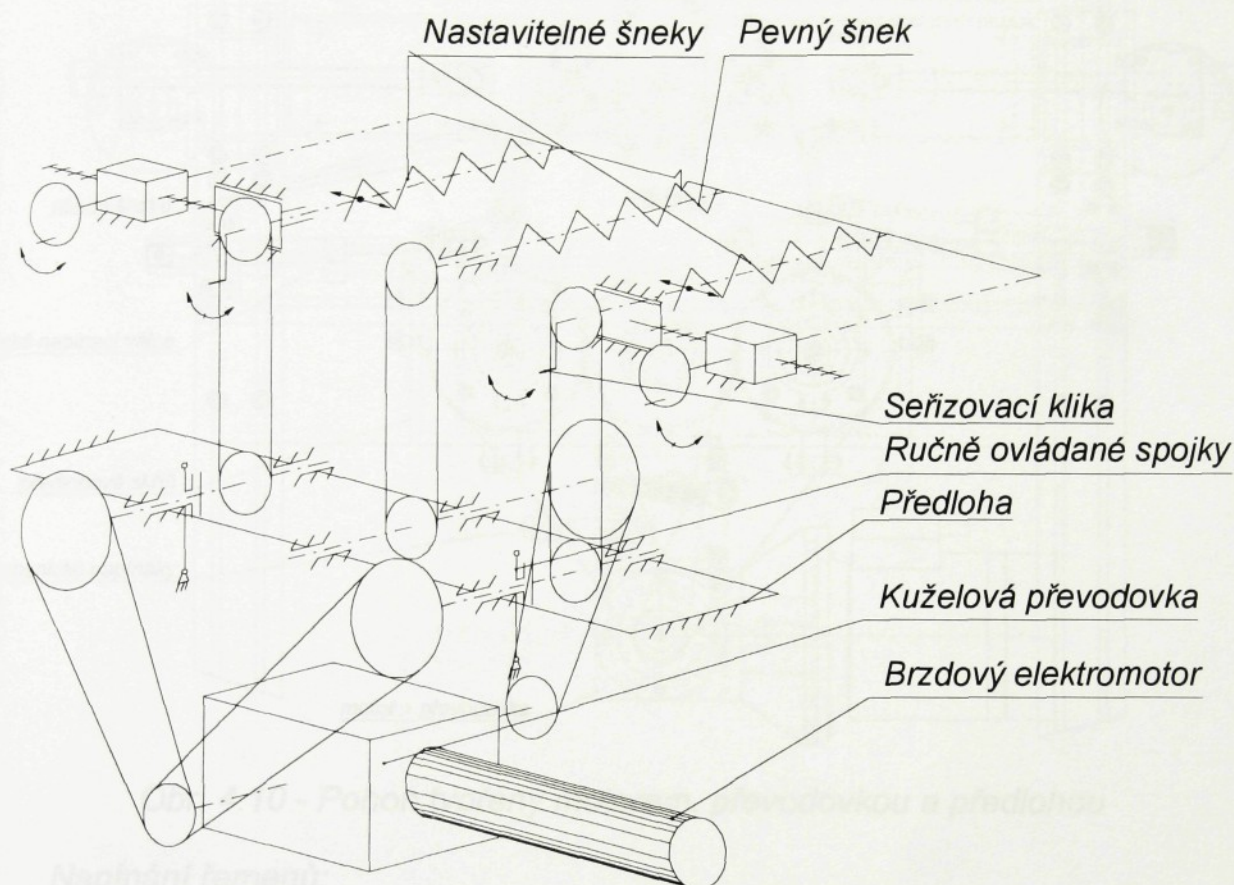
Tato varianta byla zavržena hned na počátku po prvních výpočtech. Důvodem nepokračování v ní byl zásadní nedostatek, který je vidět na obr. 4.8.

- ♦ Zcela nedostatečný úhel opásání na řemenicích (hlavně u pevného šneku) v krajních mezích nastavení šneků.
- ♦ Nutnost vertikálního posunu motoru s převodovkou při změně sortimentu.



Obr. 4.8 - Pohon tvořený motorem, převodovkou a přímým rozvodem ozubenými řemeny

4.4.2.2. Pohon tvořený motorem, převodovkou a předlohou.

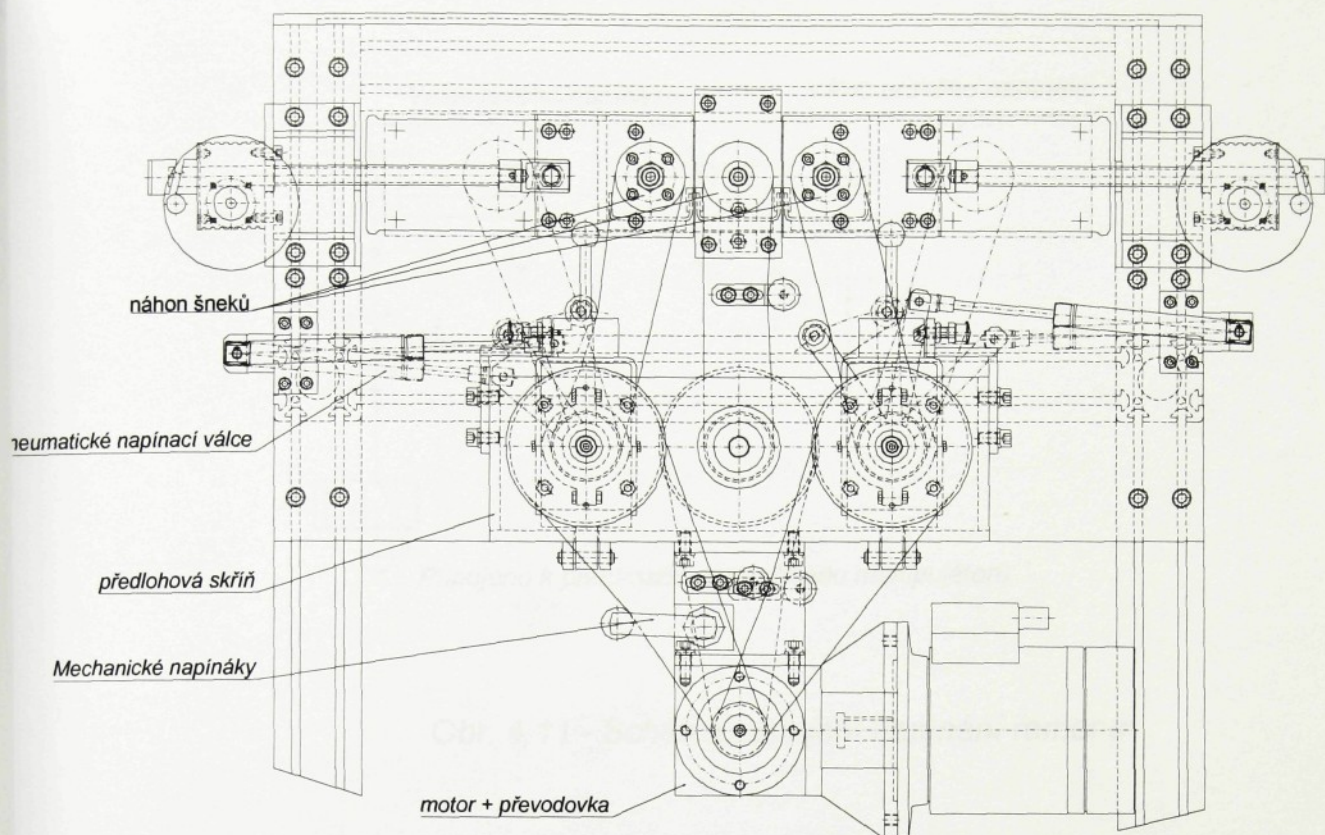


Obr. 4.9 - Schéma centrálního pohonu

Tento systém již zajišťuje konstantní podmínky pro motor s převodovkou při změně sortimentu, nastavení šneků jak ve směru kolmém na pohyb lahvíček tak i ve směru pohybu lahvíček. Pro představu je zde uvedeno schéma pohonu na obr. 4.9.

Tento pohon je tvořen brzdovým motorem, převodovkou o převodovém poměru $i_{\text{převodovky}} = 6:1$ a dvěma výstupy kolnými na vstup. Z převodovky jsou vyvedeny ozubené řemeny na řemenice předlohových hřídelí (převodový poměr je zde $i_{1,2} = 3:1$). Z předlohových hřídelí jsou již přímo naháněny šneky (opět pomocí ozubených řemenů). Převod mezi předlohou a řemenicemi šneků je $1:1$. Celkový převodový poměr je $18:1$, z čehož vyplývají otáčky $n_{\text{výstupní}} = 76 \cdot \text{min}^{-1}$. Je však zapotřebí výstupních otáček $n_{\text{výstupní}} = 24 \cdot \text{min}^{-1}$. Je nutné použít k dalšímu snížení otáček frekvenčního měniče.

Konstrukční provedení je vidět na obr. 4.10. Jsou zde popsány základní prvky pohonu.



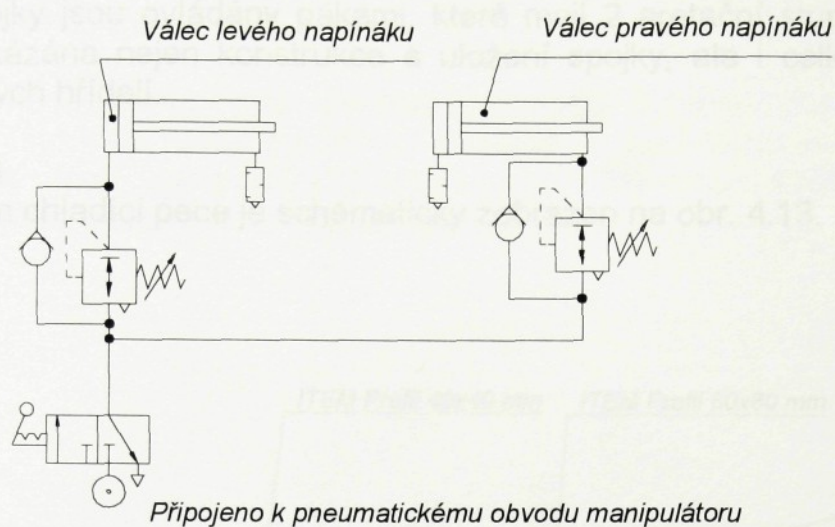
Obr. 4.10 - Pohon tvořený motorem, převodovkou a předlohou

Napínání řemenů:

Napínání řemenů je vyřešeno dvěma způsoby:

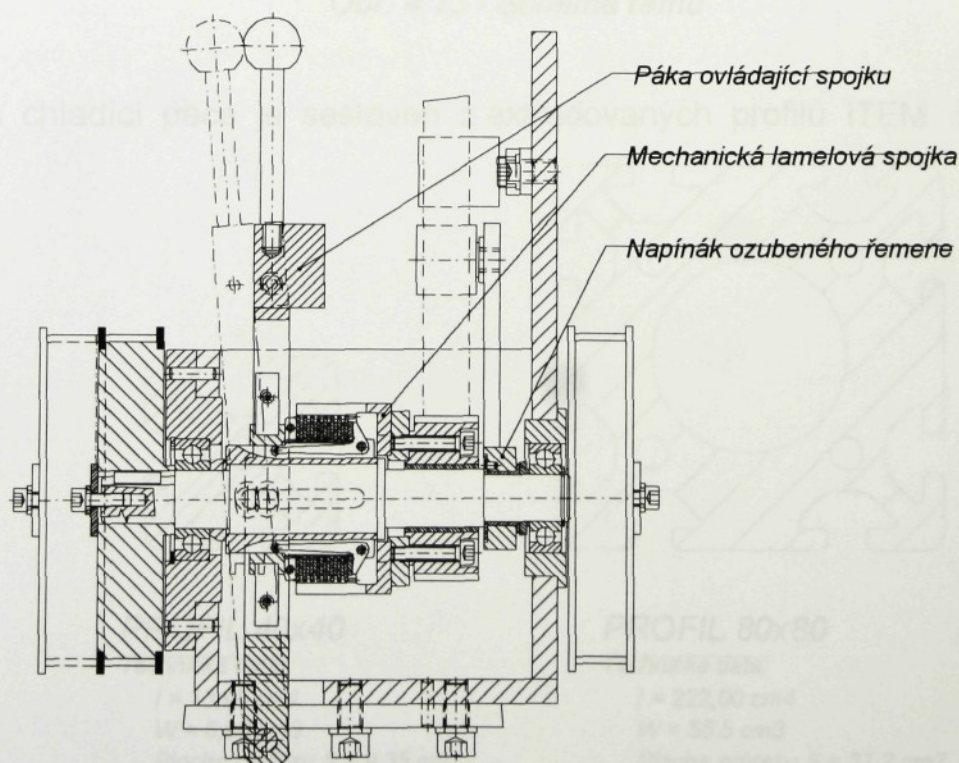
- ◆ kladkou na ložisku a možností pohybovat se ve směru napínání řemene – tento způsob je umístěn tam, kde nedochází vlivem změny sortimentu k nadměrnému prodlužování (zkracování) řemenů
- ◆ pneumatickou pružinou

Výhodou tohoto systému je plynulé seřizování délky řemenů při změně sortimentu. To umožňují dva pneumatické válce, které jsou zapojeny jako pneumatické pružiny. Schéma zapojení je na obr. 4.11.



Obr. 4.11 - Schéma zapojení napínání řemenů

Důležitou funkcí pohonné jednotky je schopnost odpojit krajní šneky od předlohy. Tuto funkci zajišťují 2 mechanické lamelové spojky, které jsou umístěny na předlohových hřídelích.

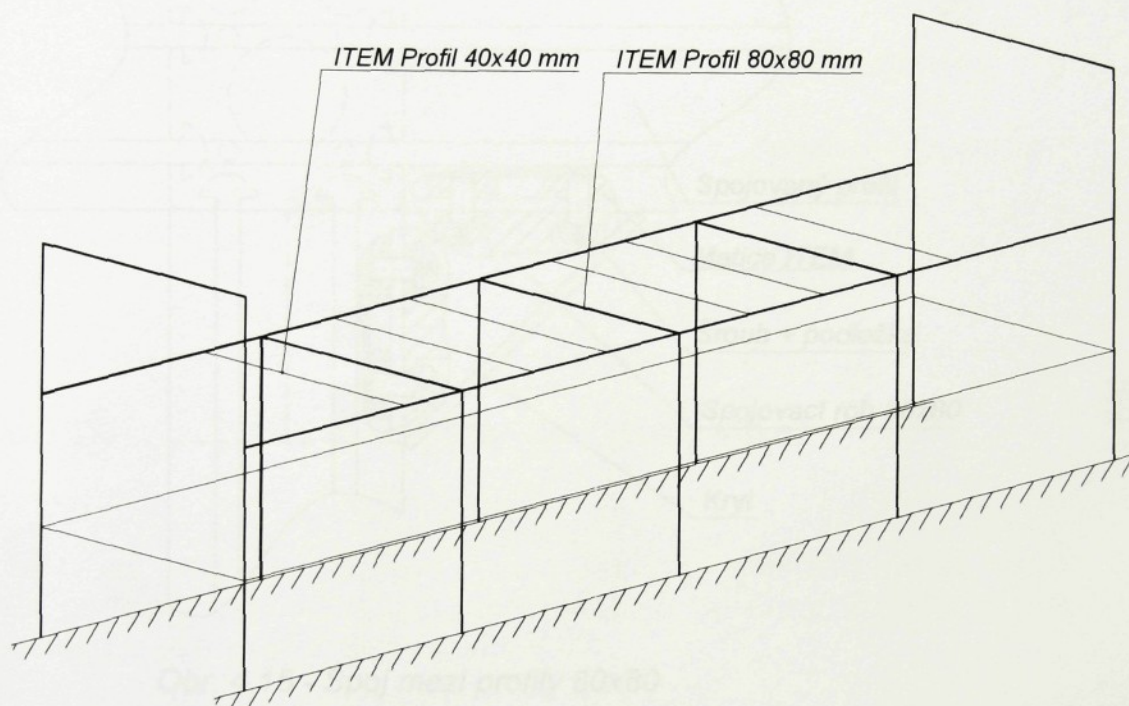


Obr. 4.12 - Uložení předlohových hřídelí

Spojky jsou ovládány pákami, které mají 2 aretační stupně. Na obr. 4.12 je ukázána nejen konstrukce a uložení spojky, ale i celkové uložení předlohových hřídelí.

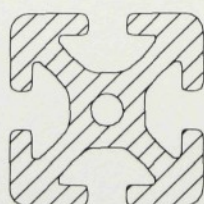
4.5. Rám

Rám chladicí pece je schematicky zobrazen na obr. 4.13.



Obr. 4.13 - Schéma rámu

Rám chladicí pece je sestaven z extrudovaných profilů ITEM. Byly



PROFIL 40x40

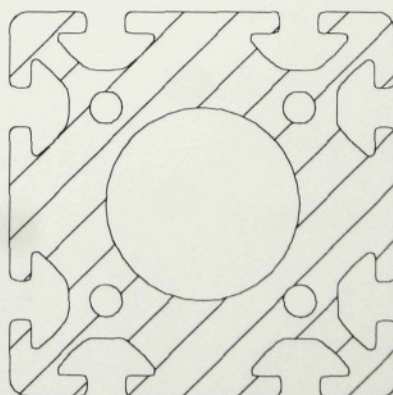
Technická data:

$$I = 13,96 \text{ cm}^4$$

$$W = 6,98 \text{ cm}^3$$

$$\text{Plocha průřezu } S = 9,35 \text{ cm}^2$$

$$\text{Hmotnost } m = 2,47 \text{ kg/m}$$



PROFIL 80x80

Technická data:

$$I = 222,00 \text{ cm}^4$$

$$W = 55,5 \text{ cm}^3$$

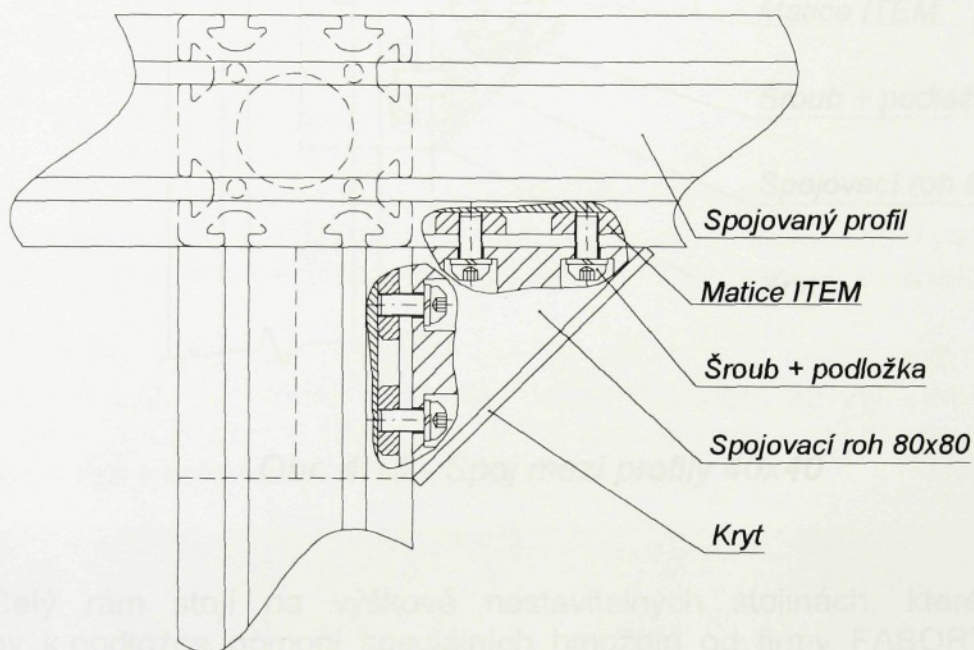
$$\text{Plocha průřezu } S = 37,2 \text{ cm}^2$$

$$\text{Hmotnost } m = 10,04 \text{ kg/m}$$

Obr. 4.14 - Použité profily ITEM

použity profily těžké řady o rozměrech průřezů 40x40 mm a 80x80 mm. Jejich profil je zobrazen na obr. 4.14.

Duralové profily byly zvoleny z důvodu nutnosti dosažení velké montážní přesnosti rámu. Spojovací materiál je také kompletní dodávkou firmy ITEM. Jsou zde použity 2 typy spojovacích rohů (40x40x40 mm a 80x80x40 mm) Ukázka obou typů spojení je na obr. 4.15 a 4.16.

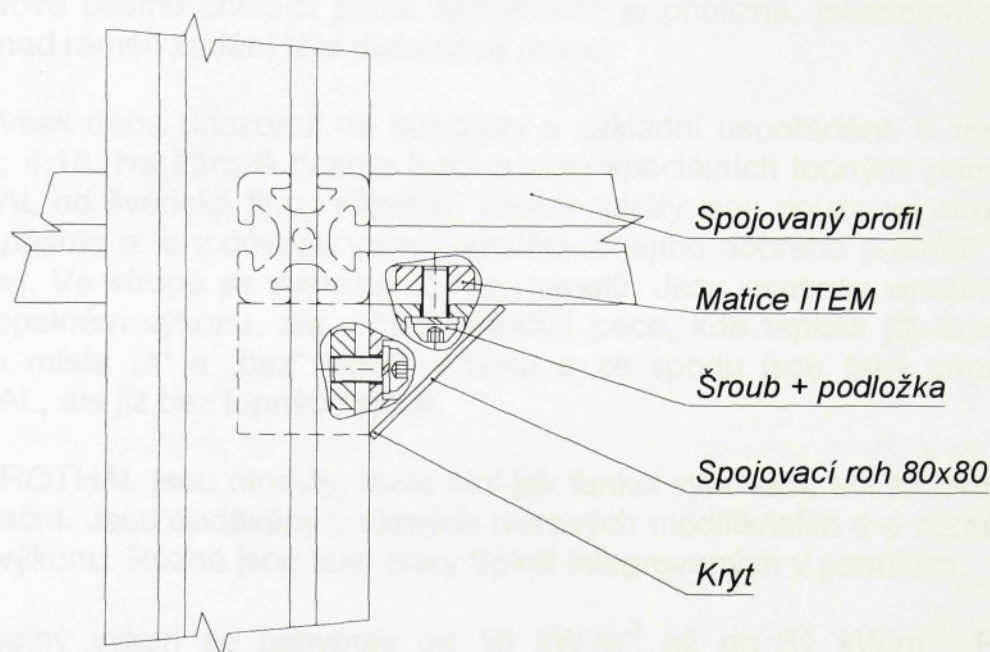


Obr. 4.15 - Spoj mezi profily 80x80

Na obrázku 4.15 je příklad spojení profilů 80x80 mm pomocí trojúhelníků a imbusů se speciální odpruženou maticí. Profily 80x80 mm jsou použity na hlavní nosníky rámu.

4.5. Plášť chladičů pce

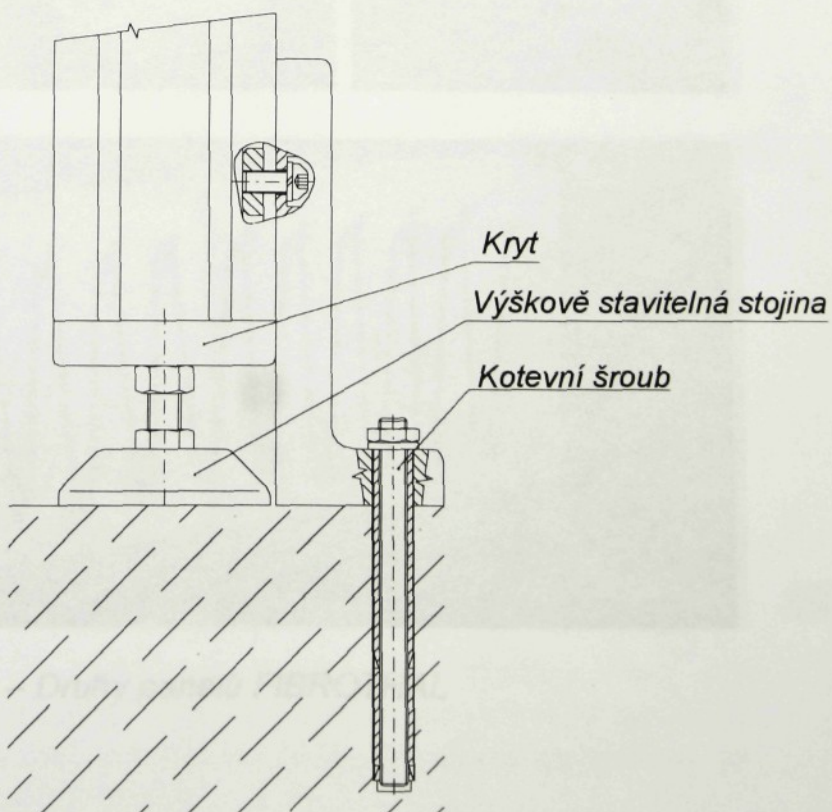
Profily 40x40 jsou použity na zpevnění rámu, aby měl dostatečnou



Obr. 4.16 - Spoj mezi profily 40x40

tuhost.

Celý rám stojí na výškově nastavitelných stojinách, které jsou ukotveny k podložce pomocí speciálních hmoždin od firmy FABORY. Pro lepší představu je vše znázorněno na obr. 4.17.



Obr. 4.17

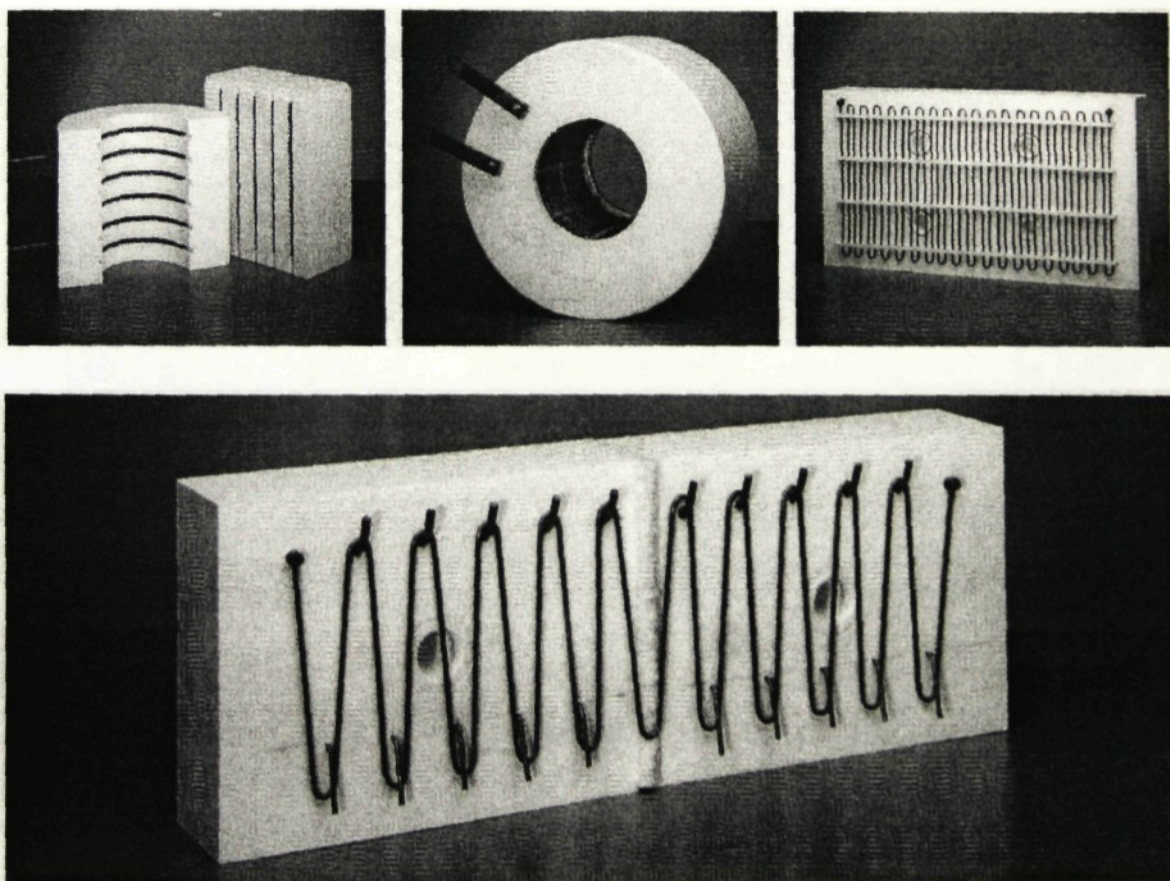
4.6. Plášť chladicí pece

Tato kapitola pouze ukazuje možnost, jakým způsobem je možné vyřešit žárové pásmo chladicí pece. Konstrukce je přibližná, jelikož žárové pásmo je nad rámec zadání této diplomové práce.

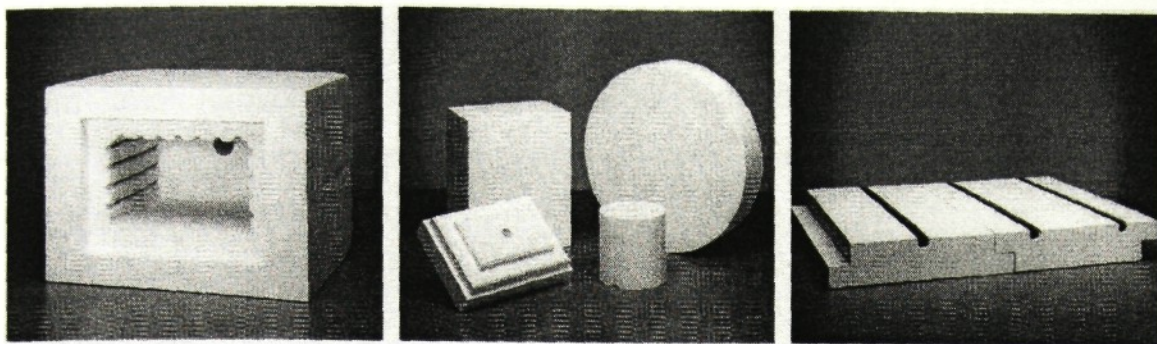
Je však třeba upozornit na koncepci a základní uspořádání. K tomu slouží obr. 4.18. Na žárové pásmo bylo využito speciálních topných panelů FIBROTHAL od švédské firmy Kanthal. Topné spirály jsou pouze ve stropě žárového pásma a to z důvodu valení lahvičky a jejího dobrého prohřátí ze všech stran. Ve stropě se vyskytují 2 typy panelů. Jsou osazeny vinutím o stejném tepelném výkonu, ale v části chladicí pece, kde teplota již řízeně klesá jsou místa „s“ a „bez“ vinutí. Z boku a ze spodu jsou také panely FIBROTHAL, ale již bez topných spirál.

FIBROTHAL jsou moduly, které plní jak funkci vyhřívací, tak zároveň i funkci izolační. Jsou dodávány v různých tvarových modifikacích a o různém tepelném výkonu. Různé jsou také tvary Spirál integrovaných v panelech.

Tepelný výkon se pohybuje od $16 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ až do $31 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. Pro ilustraci, jak vypadají varianty panelů, napojení vedení na výkonový obvod apod., nám slouží obr. 4.18. a obr. 4.19, kde je vidět typ panelu, který je navržen v nové konstrukci chladicí pece.

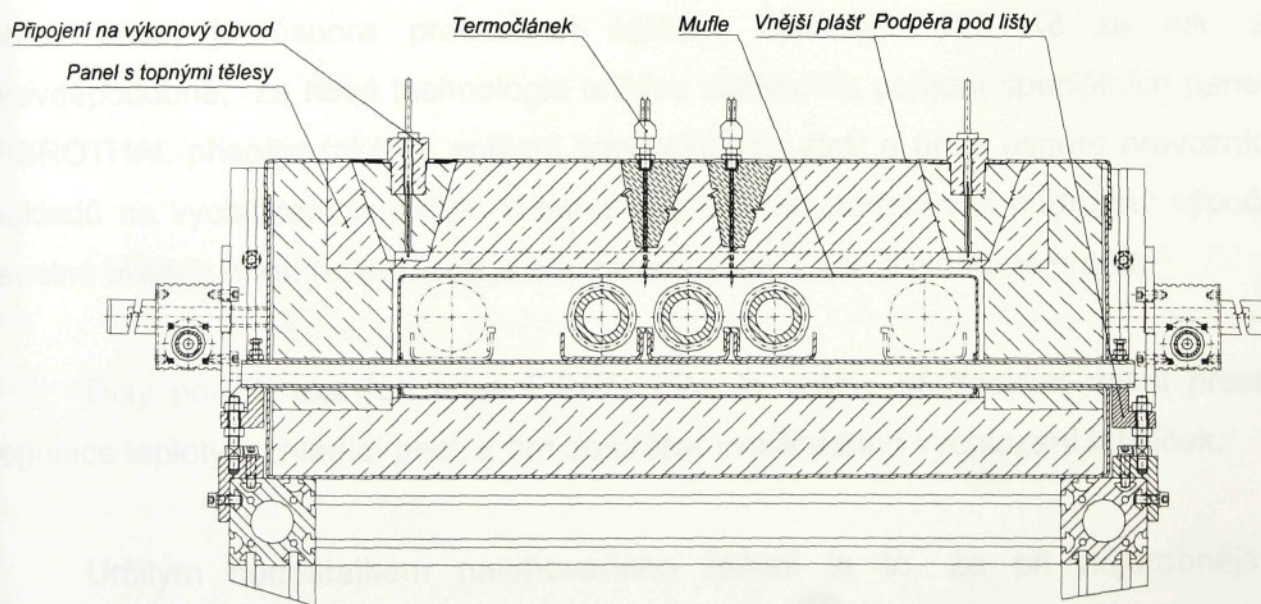


Obr. 4.18 – Druhy panelů FIBROTHAL



Obr. 4.19 – Použitý typ panelů FIBROTHAL

K ohřevu lahvíček nedochází přímo, ale přes ocelovou mufli. Panely jsou uloženy v plechové krabici, ke které je připevněna sada termočlánků, sledující průběh teploty v žárovém pásmu.



Obr. 4.20 - Řez žárovým pásmem chladicí pece

Je nutné se zmínit o 2 podpěrách, které jsou umístěny v krajních částech žárového pásma. Podepírají lišty, po kterých se pohybují lahvičky. Tato podpěra je vyrobena z trubky z materiálu AKX. Navržená konstrukce je schopna zachytit dilataci podpěrné trubky.

5. Technickoeekonomické hodnocení

Cílem této kapitoly je provést stručné shrnutí technických parametrů navrženého řešení pohonu chladicí pece a určit předpokládané náklady na konstrukci, výrobu, montáž a oživení.

5.1. Technické hodnocení

Navržený typ dopravního systému v chladicí peci je schopen uchladit až 2 900 kusů lahviček v rozsahu sortimentu, který je předepsán zadáním diplomové práce.

Byl odstraněn hlavní nedostatek pásové chladicí pece (nežádoucí ohřev pásu). Také se zmenšil průřez žárového pásma chladicí pece, což bylo umožněno způsobem zakládání lahviček (naležato). Sníží se tím tepelné ztráty prouděním podél osy chladicí pec. Jak je vidět v kapitole 1.6, kde jsou přibližně vyčísleny náklady na ohřev pásu, je úspora provozních nákladů cca 200 000 Kč za rok. Je pravděpodobné, že nová technologie ohřevu sortimentu pomocí speciálních panelů FIBROTHAL přispěje také ke snížení energetických ztrát a tím k úspoře provozních nákladů na vychlazení lahviček. K tomu bychom ale potřebovali podrobný výpočet tepelné bilance obou řešení, což je nad rámec zadání této diplomové práce.

Díky použití topných těles FIBROTHAL je reálný předpoklad velmi přesné regulace teploty v chladicí peci, a tím dosažení kvalitnějšího vychlazení lahviček.

Určitým nedostatkem navrhovaného řešení je to, že při nejdrobnějším sortimentu (lahvičky délky 30 – 40 mm), dojde-li k náhodné destrukci lahvičky, je nedostatek místa pro propad střepů mezi lištami. Pro delší lahvičky je již mezera dostatečná a eventuální střepy mohou propadnout mezi lištami.

5.2. Ekonomické hodnocení

Vzhledem k tomu, že řešení, které je předmětem této diplomové práce má charakter výchozí studie a není určeno pro náhradu stávajícího zařízení, není k dispozici srovnávací základna pro detailní ekonomické zhodnocení nákladovým modelem. Proto se v následujícím hodnocení soustředíme pouze na odhad nákladů na chladicí pec s novým typem dopravního systému pomocí šneků.

Dílčí náklady byly rozděleny takto:

- ♦ náklady na projektové a konstrukční řešení;
- ♦ náklady na subdodávky komponent a modulů;
- ♦ zakázkovou výrobu konstrukčních dílů;
- ♦ elektroprojekt a elektroinstalace;
- ♦ montáž a oživení;

Jednotlivé položky nákladů byly odhadnuty na základě vyhledání cen základních konstrukčních modulů, komponent a subdodávek podle cenové nabídky uvedených firem. Nižší náklady na výrobu strojních součástí jsou uvedeny s přihlédnutím k možnosti přímé realizace u uživatele.

Celkové náklady na realizaci nového řešení chladicí pece byly odhadnuty na cca 1,3 mil. Kč. Vezmeme-li v úvahu pouze úsporu získanou ze zbytečného ohřevu pásu v klasické pásové chladicí peci, bude návratnost investice do nového řešení 6,5 roku. Zahrnutím dalších úspor uváděných výše bude pravděpodobná doba návratnosti výrazně zkrácena.

Závěr

V řešené diplomové práci byla konstrukčně zpracována technická dokumentace zcela nové koncepce pohonu lahviček v chladicí peci určené pro drobné farmaceutické obaly ze skla.

K pohybu lahviček bylo využito odvalování šroubové plochy při rotaci šneku. K vytápění žárového pásma je použito moderní technologie od firmy KANTHAL a rám je sestaven z hliníkových extrudovaných profilů ITEM.

Navržené řešení odstraní hlavní nedostatek pásové pece (stálý ohřev a ochlazování pásu) a tím ušetří značné provozní náklady.

Závěr

V řešené diplomové práci byla konstrukčně zpracována technická dokumentace zcela nové koncepce pohonu lahviček v chladicí peci určené pro drobné farmaceutické obaly ze skla.

K pohybu lahviček bylo využito odvalování šroubové plochy při rotaci šneku. K vytápění žárového pásma je použito moderní technologie od firmy KANTHAL a rám je sestaven z hliníkových extrudovaných profilů ITEM.

Navržené řešení odstraní hlavní nedostatky pásové pece (stálý ohřev a ochlazování pásu) a tím ušetří značné provozní náklady.

Seznam použité literatury

- [1] Juliš, K. – Brepta, R.: Mechanika I., II. díl, SNTL 1987, Praha
- [2] S.P.A.M.I.: Dokumentace firmy. Itálie 1987
- [3] FESTO: Automatizace s pneumatikou FESTO PNEUMATIK, katalogy a firemní prospekty. Edice 1996-1998
- [4] ELESA-GANTER: Katalog doplňků konstrukcí
- [5] ITEM-ULMER: Modulární konstrukční prvky
- [6] Schill, F.: Chlazení skla, Informatorium, Praha, 1993
- [7] Belda, J.: Sklářské a keramické stroje II (Tepelné výpočty), VŠST, Liberec, 1986
- [8] Fiala, J. – Bebr, A. – Matoška, Z.: Strojnické tabulky 1, SNTL, Praha, 1988
- [9] Fiala, J. – Svoboda, P. – Šimonovský, M.: Strojnické tabulky 2, SNTL, Praha, 1988
- [10] ZIMM: Pohybové a zdvihové jednotky
- [11] Kirsch, R.: Kovy ve sklářství, Informatorium, Praha, 1992
- [12] KANTHAL: Topné panely
- [13] IX. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE SKLÁŘSKÉ STROJE: Frikční koeficienty skla a konstrukčních materiálů
- [14] FLENNOR: Ozubené řemeny