

TU Liberec

Fakulta strojní

Výrobní stroje a zařízení

zaměření

Sklářské a keramické stroje

Katedra sklářských a keramických strojů

Zakládání výlisků do tvrdící pece ve dvou řadách

Aleš TOBIŠKA

Vedoucí práce : Doc. Ing. František Novotný, CSc, TU Liberec

Konzultant : Ing. Berthold Mann, vedoucí provozu tech. rozvoje,

Sklárny KAVALIER, a. s.

Rozsah práce a příloh :

Počet stran	62
Počet obrázků	26
Počet tabulek	8
Počet výkresů	6

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra: sklářských a keramických strojů

Školní rok: 1996/97

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Aleše T o b i š k u

obor Konstrukce strojů a zařízení

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č.172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci :

Název tématu : Zakládání výlisků do tvrdící pece ve dvou řadách

Zásady pro vypracování :

V současné době procházejí skleněné výlisky od jednoho lisu tvrdící pecí v jedné řadě. Vzhledem k uvažovanému přechodu na ekonomičtější typ pece, kde nebudou k dispozici tak vysoké teploty, je třeba prodloužit dobu setrvání skleněného výlisku v tvrdící peci. Je proto nutné navrhnout a konstrukčně vyřešit zařízení pro rozřazování a zakládání výlisků na pás tvrdící pece ve dvou řadách. Navíc je nutné provést výpočty a návrh pohonu dopravního kovového pásu tvrdící pece jednak pro plynulý pohyb pásu, jednak pro přerušovaný (krokový) pohyb pásu s cílem zkrátit dobu přesunu polotovarů na výstupu z pece pod vzduchové sprchy.

Úkolem Vaší DP bude:

1. Provést podrobný rozbor současného stavu řešení tvrdící pece a dopravních cest, vyhodnocení hlavních nedostatků současného řešení a formulace technických podmínek pro nové řešení.
2. Zpracovat alternativní návrh dopravníkového systému a zakladače polotovarů do tvrdící pece ve dvou řadách.
3. Provést konstrukční řešení vybrané varianty zakladače a dopravníků formou sestavných výkresů a podsestav hlavních konstrukčních uzlů.
4. Provést výpočty a návrh pohonu kovového pásu tvrdící pece pro plynulý a přerušovaný pohyb.
5. Technickoekonomické zhodnocení přínosu řešení.

Rozsah grafických prací: 40 - 50 stran textu doplněného příslušnými
obrázky, grafy, výpočty a výkresovou
dokumentací

Seznam odborné literatury:

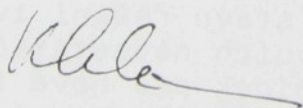
- /1/ Technické podklady a. s. Kavalier
- /2/ Dispoziční sestava tvrdící pece CAR-MET DWG 01036
- /3/ Firemní podklady firmy GEMCO Furnaces
- /4/ Monografie z transportní a manipulační techniky

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

Konzultant: Ing. Berthold Mann, vedoucí provozu tech. rozvoje
Sklárny KAVALIER, a.s.

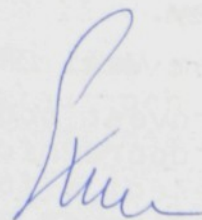
Zadání diplomové práce: 31. 10. 1996

Termín odevzdání diplomové práce: 30. 5. 1997



Vedoucí katedry

Doc. Ing. Vladimír Klebsa, CSc.



Děkan

Prof. Ing. Jaroslav Exner,

V Liberci dne 31. 10. 1996

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne 29. 5. 1997

A solid black rectangular box used to redact the signature of the author.

Aleš TOBIŠKA

OBSAH :

Název

strana

Úvod

1. Popis a charakteristika současného stavu řešení tvrdící pece a dopravních cest

9

1.1 Spektrum výroby domácenského skla

9

1.2 Popis výrobní linky na výrobu domácenského skla

10

1.3 Podrobný popis manipulace na vstupu do tvrdící pece

12

1.3.1 Technické parametry jednotlivých manipulačních
subjektů

12

1.3.2 Popis procesu přesunu výlisků

16

2. Podrobný rozbor současného stavu řešení mani- pulace s výlisky

19

2.1 Analýza hlavních problémů stávajícího řešení

19

2.2 Konceptní záměr zlepšení situace

20

2.3 Stanovení základních technických podmínek řešení

22

3. Alternativní řešení zakladače výlisků do dvou řad

23

3.1 Základních varianty řešení zakládání výlisků

23

3.2 Rozbor a zhodnocení jednotlivých variant

32

3.3 Základní koncepce nového řešení zakládání na vstupu
do pece

37

4. Konstrukční řešení varianty pro plynulý pohyb pásu - ZAKLADAČ I

38

4.1 Popis funkce

38

4.2 Výpočtová analýza

38

4.3 Podrobný rozbor konstrukce

43

5. Konstrukční řešení varianty pro přerušovaný pohyb pásu - ZAKLADAČ II	48
5.1 Popis funkce	48
5.2 Výpočtová analýza	48
5.3 Podrobný rozbor konstrukce	52
 6. Technickoeconomické zhodnocení	57
 Závěr	60
Seznam použité literatury	62

Použité symboly a zkratky

a	- vzdálenost těžiště
b	- korekční součinitel
D_v	- průměr válečku
d_v	- průměr čepu válečku
d	- průměr pístu
F_{red}	- redukováná síla
f'	-redukový součinitel tření
f_1	- součinitel tření v čepch za pohybu
f_2	- součinitel tření v klidu
f_3	- součinitel tření valení předmětu po válečkách
f_4	- součinitel tření pro skluz předmětu po válečkách
G	- tíha předmětu
G_o	- tíha válečku
g	- tíhové zrychlení
h	- výška skluzu
J	- moment setrvačnosti
K	- bezpečnost
L	- délkový rozměr / m /
m	- hmotnost
m_p	- hmotnost pístnice
m_{red}	-redukováná hmotnost
n_o	- počet válečků
p_a	- tlak vzduchu
R	- rameno těžiště
R_v	- poloměr válečku
S	- délka skluzu
S_A	- plocha pístu
t	- čas
v	- rychlost předmětu
v_o	- počáteční rychlost předmětu
v_a	- rychlost výsunu pneumotoru

- β - úhel sklonu válečkové trati
- γ - úhel sklonu skluzu
- ω - úhlová rychlost
- φ - třecí úhel

Úvod

Sklářský podnik Kavalier a.s. se zabývá výrobou borosilikátového skla SIMAX, které se vyznačuje vynikajícími tepelnými vlastnostmi vhodnými pro laboratorní pomůcky a varné skleněné výrobky.

V současnosti prochází podnik modernizací zastaralých provozů. Ta se týká také linky na výrobu domácenského skla, kde slabým článkem linky je tvrdící pec, která má velmi malou tepelnou účinnost. Pro vyřešení tohoto problému je proto nutné provést výstavbu nové pece, která bude zpracovávat výrobky vedené ve dvou řadách.

V této souvislosti je úkolem mé diplomové práce provést návrh manipulačního zařízení pro rozřazování výrobků do dvou řad na vstupu do nové pece. Úkolem zařízení je nutná šetrnost při manipulaci s výrobkem, zajištění bezkolizních stavů a možnost přesunu celého sortimentu výrobků.

Vzhledem k nevyjasněnosti konstrukčního zadání tvrdící pece se zakládáním do dvou řad, bylo po dohodě s konzultantem a vedoucím diplomové práce zaměřena širší pozornost na konstrukci zakladače s užitím jednak pro plynulý chod pásu pece a jednak pro zakládání na stojící pás při přerušovaném krokovém pohybu.

V kapitole 1 je proveden popis výrobní linky a vyráběného sortimentu výrobků se základními parametry všech subjektů.

V kapitole 2 je provedena analýza hlavních problémů současného stavu s koncepčními návrhy řešení dané situace.

V kapitole 3 se zabývám rozбором jednotlivých variant řešení, z nichž vyplyne základní koncepce nového principu zakládání do tvrdící pece.

V kapitole 4 a 5 jsou zpracovány dvě základní zvolené varianty s podrobným rozбором konstrukce a výhodností použití jednotlivých řešení.

V závěrečné kapitole je provedeno technickoekonomické zhodnocení navržených manipulačních zařízení pro zakládání do dvou řad na vstupu do tvrdící pece.

1. Popis a charakteristika současného stavu řešení tvrdící pece a dopravních cest

Tato kapitola má za úkol přiblížit současný stav výroby domácenského skla SIMAX, jehož rozbořem vzniklo téma této diplomové práce.

1.1 Spektrum výroby domácenského skla

Podnik Kavalier a.s. , který je zadavatelem tématu diplomové práce, se zabývá výrobou tvrdého borosilikátového skla známého pod značkou SIMAX. Přednosti tohoto skla je jeho nízká měrná hmotnost a v porovnání s jinými skly také vyšší tepelná vodivost. Díky těmto vlastnostem je vhodné zejména na výrobu laboratorního a varného domácenského skla, které jsou hlavním sortimentem výroby.

Z hlediska mého zadání je potřeba uvést sortiment výrobků, na které se vztahuje řešení diplomové práce. Jedná se zejména o lisované mísy a víka hranatých a oválných tvarů o hmotnostech od 990g do 2000g.

Protože výrobky nejsou stupňovány v určitých řadách jsou v následující tabulce uvedeny základní rozměry potřebné pro vlastní řešení systému.

Tabulka 1 Hlavní rozměry výrobků

Rozměr	Minimální	Maximální
Délka (mm)	300	392
Šířka (mm)	195	240
Výška (mm)	46,5	90
Taktáž (s^{-1})	5,5	9

1.2 Popis výrobní linky na výrobu domácího skla

Výroba varného domácího skla se provádí na čtyřech výrobních linkách. Každá linka má svoji tavící pec z níž je sklovina dávkována přímo pod lis. Odtud se výrobek dopravuje do tvrdící pece a přes grafitový skluz přechází pod vzduchové sprchy, kde dojde k potřebnému vytvrzení. Potom jsou již výrobky baleny a převezeny do skladu.

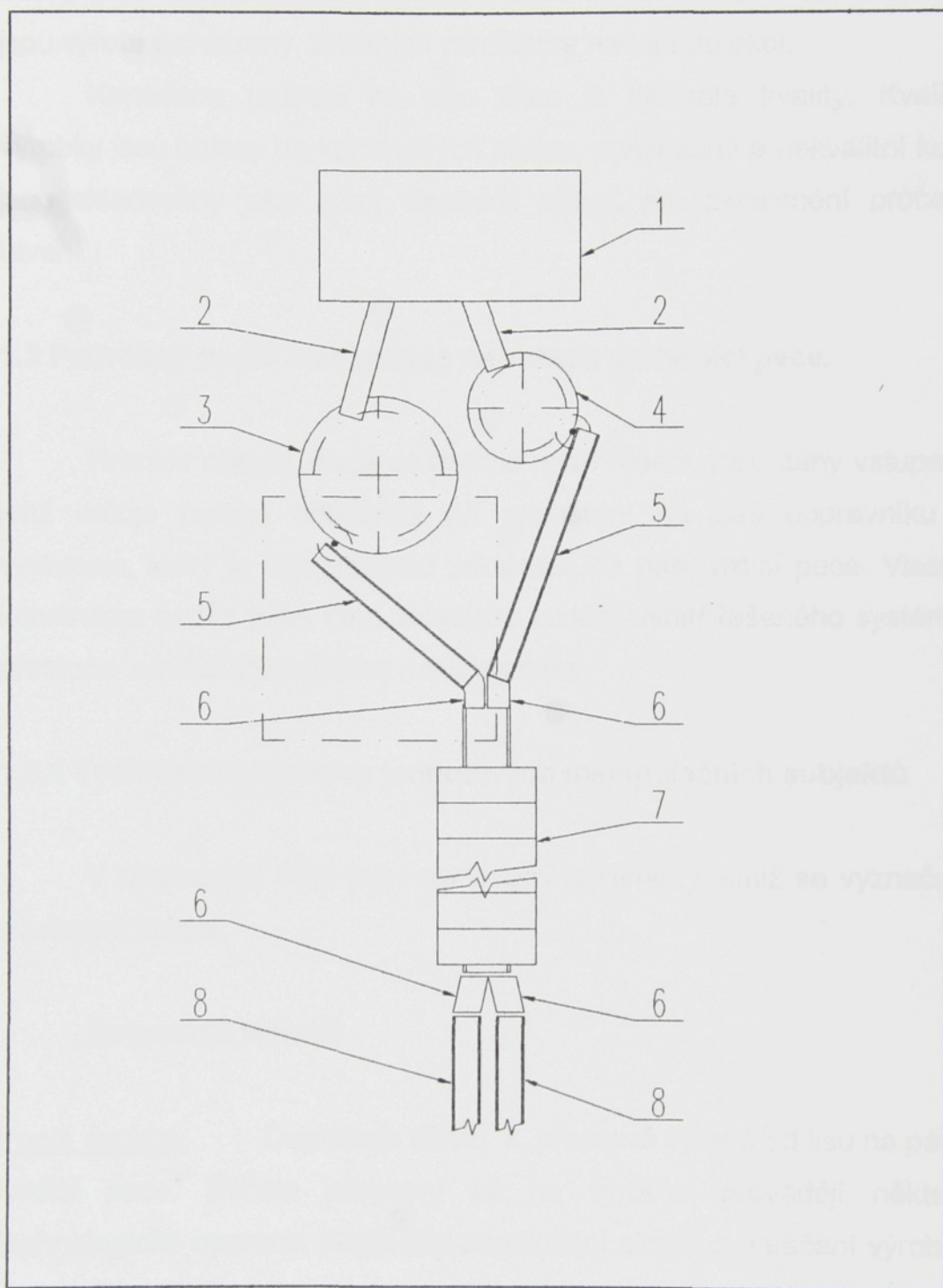
Tavení se provádí v elektrické STA. Zakládání sklářského kmene se provádí pomocí pásového zakladače, který svým pohybem pokrývá v tenké vrstvě celý povrch roztavené skloviny. Z pracovní části vany jsou vyvedeny dva výtokové kanály. Každý z nich zásobuje sklovinou jeden lis.

První ze dvou lisů je lis firmy LYNCH. Je to 16-ti pozicový karuselový stroj. Pro svůj velký počet pozic je s výhodou používán pro lisování větších a hmotnějších výlisků. Druhý lis je výrobkem firmy WALTER. Je to 12-ti pozicový karusel, proto se používá na výrobu menších výlisků. Na obou lisech jsou používány klasické ocelové formy. Chlazení forem je prováděno vzduchem.

Výlisky se z lisu odebírají vakuovým odnímačem. Odnímač má čtyři ramena s vakuovými hlavicemi. Na pás dopravníku, který dopravuje výrobky do tvrdící pece, se výlisky spouštějí z výšky asi 30 mm. Od každého lisu vede vždy jeden dopravník. Každý dopravník je zakončen grafitovým skluzem, po němž se přesouvají výlisky na pás tvrdící pece.

Tvrdící pec je sestavena z pěti stejných bloků. Každý blok je tvořen vyzdívkou a opláštěním. Zdrojem tepla pro ohřev výrobků je teplo dodávané sérií plynových hořáků. Jejich palivem je směs zemního plynu a vzduchu.

Pec je zakončena opět dvěma grafitovými skluzy. Ty slouží k přesunu horkých výrobků (650 °C) pod vzduchové sprchy. Chladicí



Obr. 1: Popis: 1-tavící pec, 2-výtok s dávkovačem skloviny, 3-lis LYNCH 16 4-lis WALTER 12, 5-vstupní pásový dopravník, 6-grafitový skluz, 7-tvrdící pec, 8-vzduchové sprchy

desky jsou umístěny shora i zdola v délce asi tří metrů. V dalším úseku jsou výrobky chlazeny axiálními ventilátory na teplotu okolí.

Konečnou operací na této lince je kontrola kvality. Kvalitní výrobky jsou baleny do kartonových beden, poškozené a nekvalitní kusy jsou skladovány jako zdroj vlastních střepů pro zkvalitnění procesu tavení.

1.3 Podrobný popis manipulace na vstupu do tvrdící pece.

Hranice oblasti, které se dotkne nové řešení, jsou dány vstupem, jenž určuje poloha odnímače při spouštění na pás dopravníku a výstupem, který je dán polohou zakládání na pás tvrdící pece. Vlastní konstrukce tvrdící pece není z hlediska zadání uvnitř řešeného systému, přestože se této části dotkne nejvíce změn.

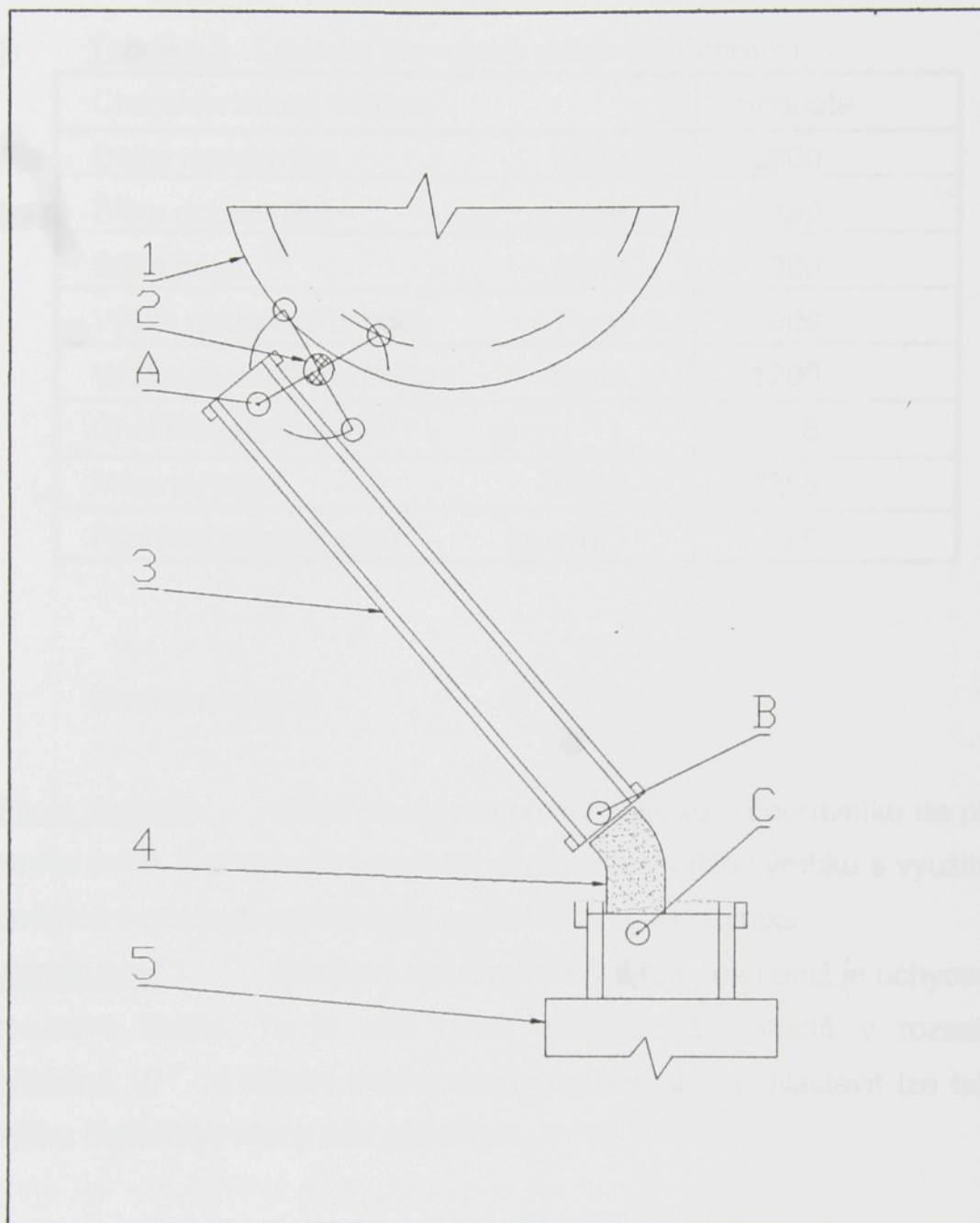
1.3.1 Technické parametry jednotlivých manipulačních subjektů

V následující části jsou stanoveny parametry, jimiž se vyznačuje současné řešení.

Dopravník výlisků

Popis funkce: Dopravník slouží k přepravě výlisků od lisu na pás tvrdící pece. Během přepravy se na výrobku provádějí některé technologické operace. Nejčastěji zapalování okrajů a natáčení výrobku do nejpříznivější polohy.

Konstrukce: Dopravník je výškově nastavitelný pomocí dvou šroubových zvedáků. Pohon je odvozen od elektromotoru. Přenos otáček je zajištěn řetězovým převodem.



Obr. 2: Popis: 1-lis LYNCH 16, 2-vakuový odnímač, 3-vstupní pásový dopravník, 4-grafitový skluz, 5-tvrdící pec

A - základací bod, výška $H_1 = 900 \text{ mm}$

B - opouštěcí bod, výška $H_2 = 1200 \text{ mm}$

C - výška pásu v peci $H_3 = 1000 \text{ mm}$

Tabulka 2 Základní parametry vstupního dopravníku

Charakteristická veličina	Hodnota
Délka dopravníku (mm)	2800
Šířka dopravníku (mm)	450
Šířka pásu (mm)	300
Výška zakládacího bodu (mm)	900
Výška opouštěcího bodu (mm)	1200
Úhel stoupání pásu (°)	6
Materiál pásu (ČSN)	17255
Rychlost pohybu pásu (m.min ⁻¹)	5,8

Grafitový skluz

Popis funkce: Skluz slouží pro přesun výlisků z dopravníku na pás tvrdící pece. K přesouvání dochází vlivem vlastní tíže výrobku s využitím počáteční rychlosti odpovídající rychlosti pásu dopravníku.

Konstrukce: Grafitový skluz má vlastní rám, na němž je uchycena skluzová deska. Ta je vůči rámu výškově nastavitelná v rozsahu přibližně 10 ° od střední polohy desky na obě strany. Nastavit lze také výšku dojezdové hrany nad pásem.

Tabulka 3 Základní parametry grafitového skluzu

Charakteristická veličina	Hodnota
Délka skluzu (mm)	500
Šířka skluzu (mm)	300
Sklon skluzu (°)	15
Počáteční rychlost výlisku (m.min ⁻¹)	5,8
Vstupní výška (mm)	1200
Výška hladiny pásu v peci (mm)	1000

Tvrdící pec

Popis funkce: Tvrdící pec slouží pro ohřev výrobků na teplotu potřebnou pro kvalitní vytvrzení pod vzduchovými sprchami. Tato teplota je kolem 660 °C, těsně pod bodem měknutí.

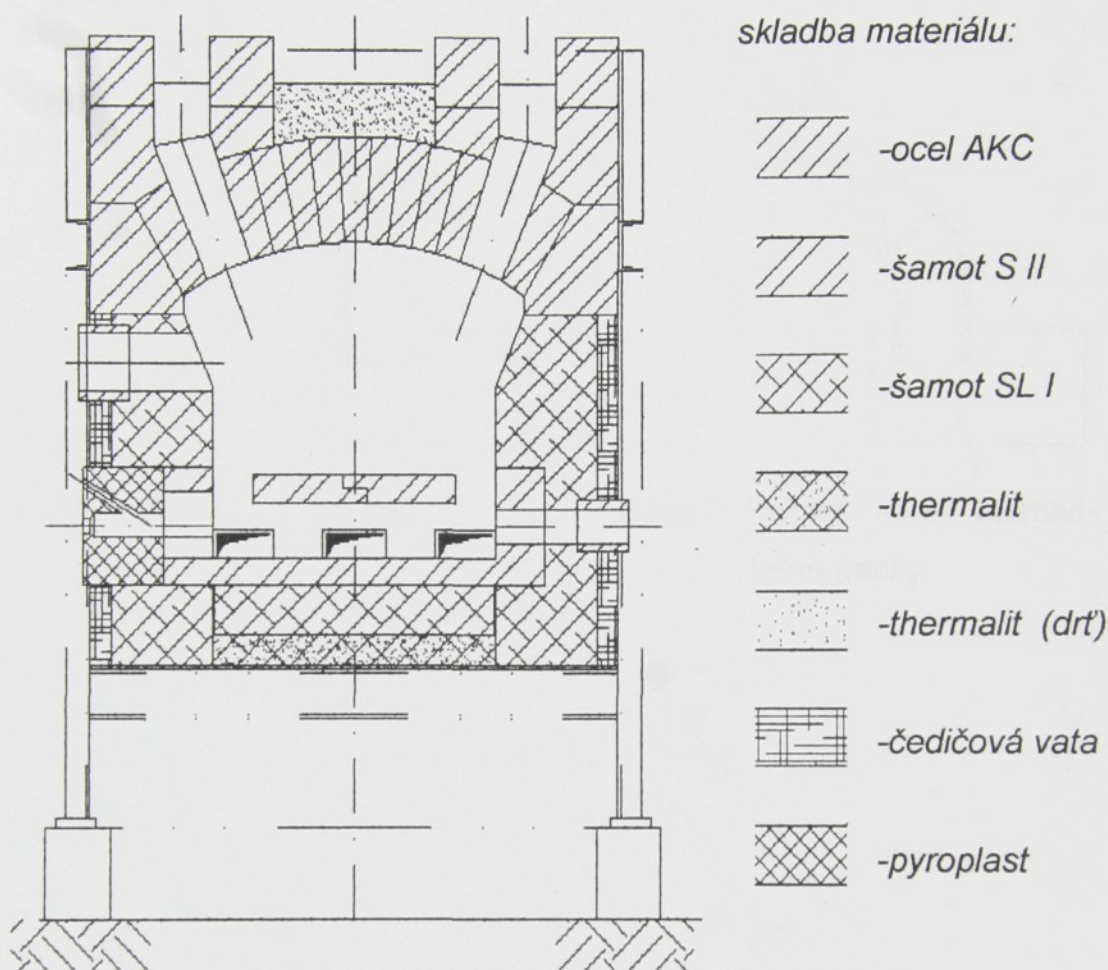
Tabulka 4 Základní parametry tvrdící pece

Charakteristická veličina	Hodnota
Celková délka pece (mm)	19100
Celková šířka pece (mm)	1500
Výška pece (mm)	2140
Délka bloku (mm)	3000
Šířka bloku (mm)	1300
Šířka pásu (mm)	600
Výška hladiny pásu (mm)	1000
Celková délka pásu v peci (mm)	41200
Rychlost pásu v peci (m.min ⁻¹)	5,5

Konstrukce: Současná pec je sestavena z 5-ti samostatných bloků. Každý blok je tvořen vyzdívkou a opláštěním. Vnitřní část pece, která je nejvíce tepelně namáhána je vyrobena z šamotu. Vnější část je zhotovena z čedičové vaty a thermalitu. V každé boční stěně je 12 otvorů pro hořákové soustavy, přičemž obsazena jich je pouze polovina, a to křížovým způsobem.

Celý blok je opláštěn ocelovými plechy a svázán profilovanými ocelovými tyčemi. Jednotlivé bloky jsou k sobě připevněny šroubovými spoji. Na následujícím obrázku je znázorněn řez současnou pecí, bez zakreslení hořáků, pásu a odtahového potrubí.

Obr. 3: Popis: Řez současnou tvrdící pecí

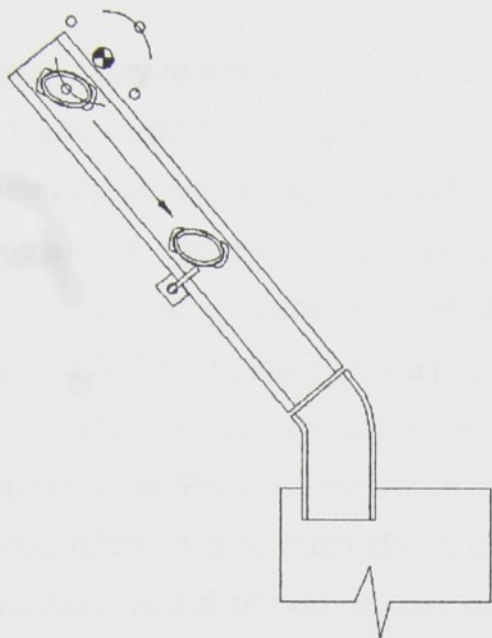


1.3.2 Popis procesu přesunu výlisků od lisu na pás tvrdící pece

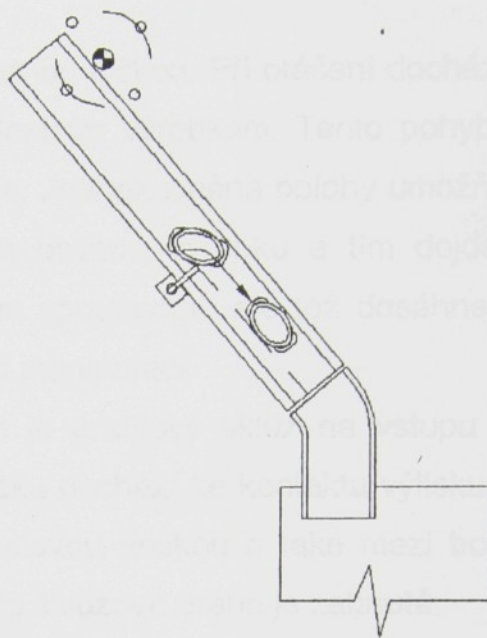
Úplný přehled procesu přesunu výlisků doplňuje seznámení s chováním výrobku při jeho manipulaci na vstupu do tvrdící pece.

Jak již bylo řečeno počátek manipulace zajímavé pro sledování chování výlisků je moment zakládání na pás dopravníku před tvrdící pecí. Zde je výrobek spouštěn na pás z výšky 30 mm. Výrobek je vzhledem ke směru pohybu natočen přibližně o 30° , jak je ukázáno na obr. 4.1.

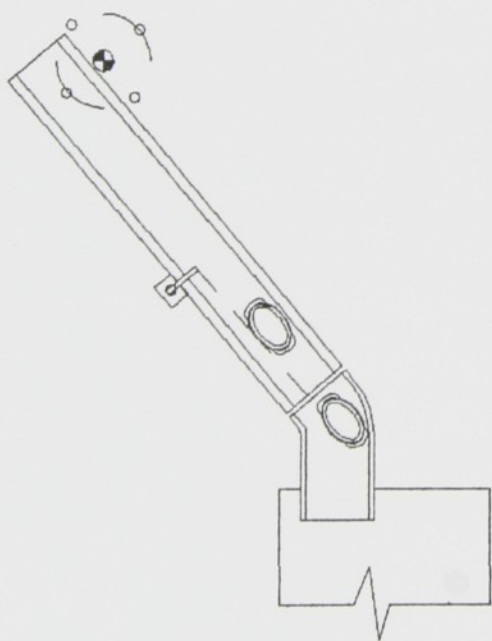
Druhou fází manipulace je pootočení výrobku kolem pevného



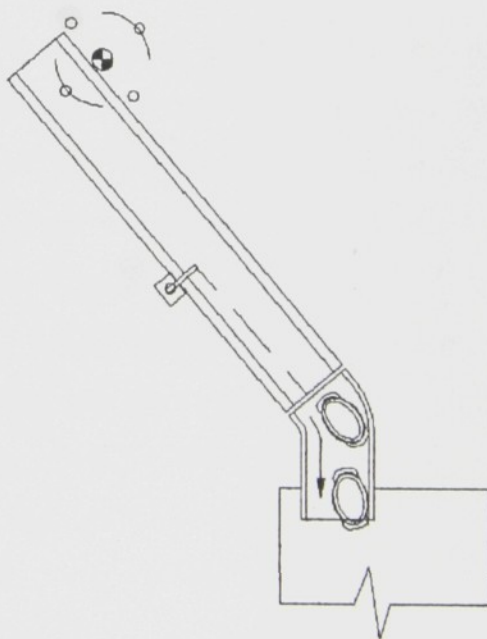
Fáze 1: Zakládání výrobků



Fáze 2: Otáčení kolem nastavitelné packy



Fáze 3: Vstup výrobku na skluz



Fáze 4: Dojezd na pás tvrdící pece

Obr. 4 *Popis: Fáze přesunu výlisku od lisu na pás tvrdící pece*

bodů, který je tvořen pevnou nastavitelnou tyčkou. Při otáčení dochází k pohybu mezi pásem dopravníku a vlastním výrobkem. Tento pohyb je sice nepříznivý, ale splňuje dvě funkce. Jednak změna polohy umožňuje dosáhnout zapálení okrajů po celém obvodu výrobku a tím dojde k eliminaci tvorby prasklinek při dalším zpracování, ale též dosáhneme výhodnější orientace výrobku pro další manipulaci.

Dalším manipulačním místem je grafitový skluz na vstupu do tvrdící pece. Při vlastním skluzu výrobku dochází ke kontaktu výlisku ve dvou místech a to mezi dnem a skluzovou deskou a také mezi boční hranou a vodící stěnou skluzu, protože skluzová dráha je zahnutá.

2. Podrobný rozbor současného stavu řešení manipulace s výlisky

Tato kapitola popisuje chování výlisků při manipulaci na vstupu do tvrdící pece. Dále je zde provedena analýza hlavních problémů stávajícího řešení s uvedením koncepčního řešení a stanovení základních technických podmínek řešení.

2.1 Analýza hlavních problémů stávajícího řešení

Současný stav linky na výrobu domácenského skla, která je popsána v předchozím oddíle zprávy, je z části zastaralý. Z tohoto důvodu jsou snahy o modernizaci slabých a neekonomických míst provozu.

Jedním z nejslabších článků je současná tvrdící pec, která je v provozu již více jak dvacet let. Měřením byla zjištěna účinnost pouze kolem 7%. Tato skutečnost znamená pro podnik vysoké energetické ztráty, což se výrazně projevuje na výrobních nákladech výrobku. Proto je nezbytně nutné provést výstavbu nové pece.

V této souvislosti je zřejmé, že podle parametrů nové pece bude nutno upravit nebo zcela změnit systém zakládání výlisků na vstupu do pece. Současný systém zakládání je osvědčený a velice jednoduchý. Není náročný na údržbu a seřízení, avšak má také některé nedostatky.

Jak již bylo uvedeno dříve skluz na vstupu je tvořen grafitovou deskou a pohyb výrobku je veden boční stěnou skluzu. Jelikož stěna není obložena kluzným materiálem, který by byl šetrný ke sklu, může občas docházet k poškození hrany výlisku, což má vliv na další technologické operace, při kterých se může mírné poškození projevit.

Ten samý problém způsobuje dojezd výrobku na pás tvrdící pece, kde je zcela zřejmý rozdíl rychlostí pohybu výrobku a pásu. Tento problém lze eliminovat nastavením sklonu skluzu. Je nutné si však

uvědomit, že při menším nastavení sklonu skluzové desky se rozdíl rychlosti sníží, avšak výrazně klesne bezpečnost vlastního skluzu výrobku. Kdyby byl úhel sklonu příliš malý, mohlo by docházet k zastavení výrobku na skluzu a tím ke kolizním stavům, které jsou z hlediska nepřetržitého toku výroby nepřipustné.

Při modernizace nebo novém návrhu je nutné brát na vědomí tyto nepříznivé stavy a v dalším postupu se jich vyvarovat nebo jejich projevy eliminovat.

2.2 Koncepční záměr zlepšení situace

Zhlediska vylepšení a zkvalitnění přesunu výlisků je potřeba změnit nebo upravit určité prvky celého systému. Základní úkoly pro zlepšení současného stavu jsou :

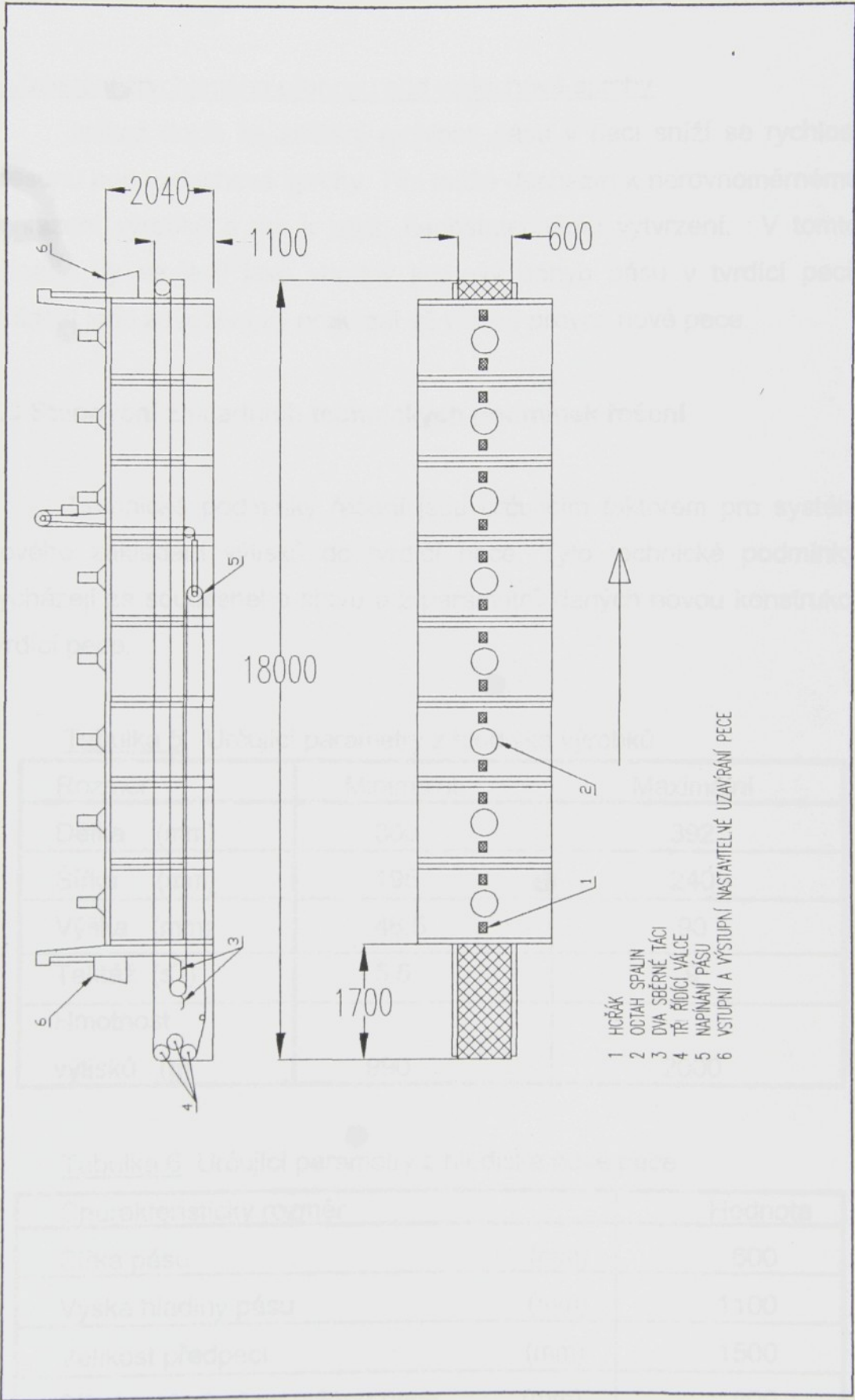
1. Provést výstavbu nové pece s vyšší účinností

Posazením nové tvrdící pece pro ohřev výrobků před vlastním tvrzením by mělo dojít k výraznému zvýšení účinnosti. Její výroba je rozjednána s více firmami specializovanými na výrobu právě těchto pecí.

Nejvýhodněji se jeví nabídka firmy CAR - MET, která uvažuje využití celokovové konstrukce z materiálu AKC a pracovními teplotami kolem 750 °C. Jelikož jsou nižší pracovní teploty, bylo by při současné rychlosti pásu potřeba mít pec téměř dvojnásob dlouhou. Proto bude vybudována pec z dvouřadým zakládáním a snížením rychlosti pásu na míru potřebnou pro maximální zaplnění pece.

2. Zavedení nového způsobu zakládání do tvrdící pece

Nový způsob zakládání je dán dvouřadým provozem tvrdící pece. Zakládání by mělo umožnit přesun celého sortimentu výrobků, maximální šetrnost při manipulaci a provoz bez kolizních stavů. Tato problematika je řešena v této diplomové práci.



Obr. 5 Dispoziční výkres tvrdící pece CAR-MET

3. Zajištění zrychleného přenosu pod vzduchové sprchy

Jelikož dojde ke snížení rychlosti pásu v peci sníží se rychlost přesunu pod vzduchové sprchy. Tím může docházet k nerovnoměrnému ochlazení výrobků a tím k jejich nedostatečnému vytvrzení. V tomto případě by se jevil jako vhodný krokový pohyb pásu v tvrdící peci. Nutnost jeho zavedení by prokázal až vlastní provoz nové pece.

2.3 Stanovení základních technických podmínek řešení

Technické podmínky řešení jsou určujícím faktorem pro systém nového zakládání výlisků do tvrdící pece. Tyto technické podmínky vycházejí ze současného stavu a z parametrů daných novou konstrukcí tvrdící pece.

Tabulka 5 Určující parametry z hlediska výrobků

Rozměr	Minimální	Maximální
Délka (mm)	300	392
Šířka (mm)	195	240
Výška (mm)	46,5	90
Taktáž (s^{-1})	5,5	9
Hmotnost výlisků (g)	990	2000

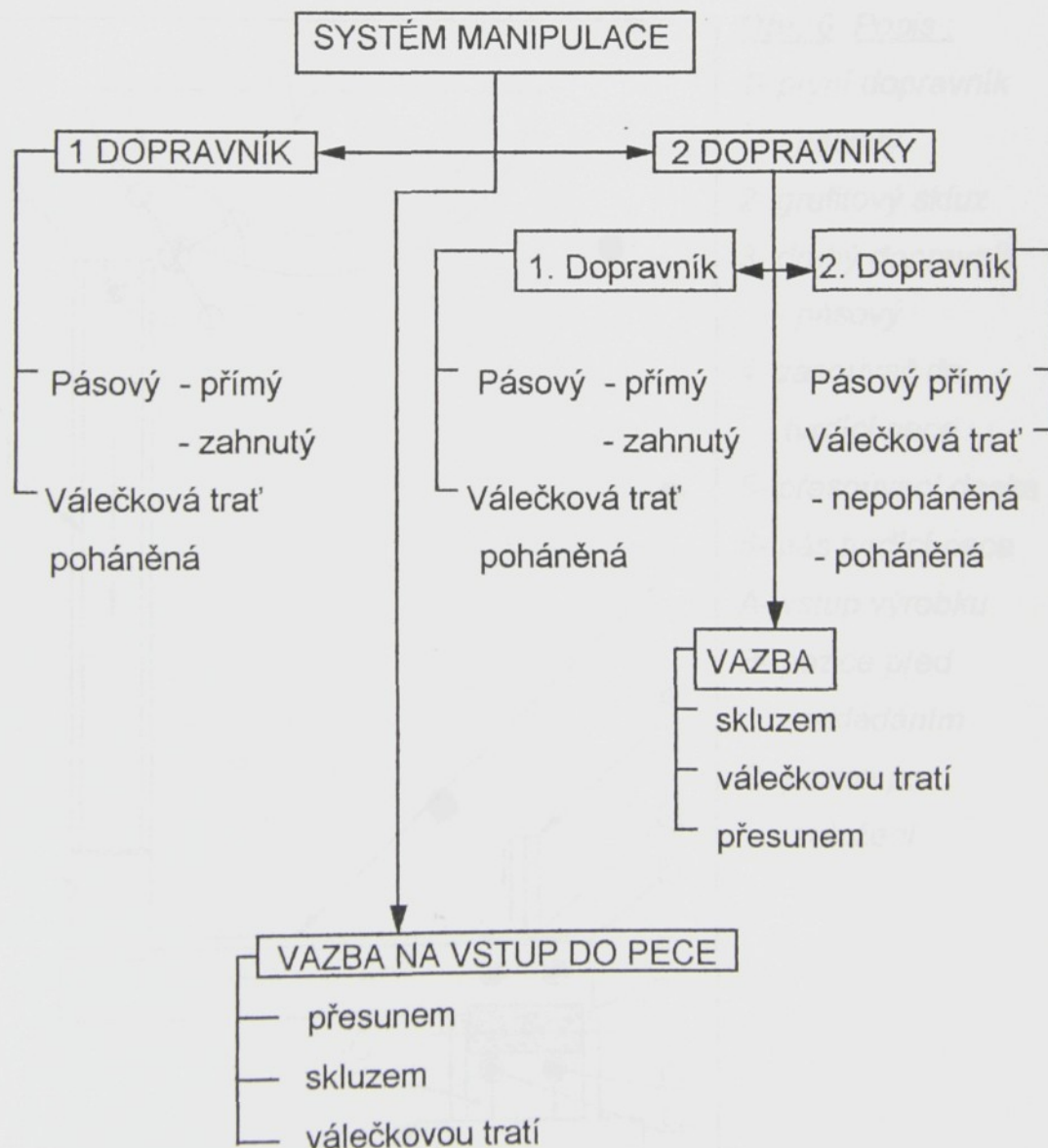
Tabulka 6 Určující parametry z hlediska nové pece

Charakteristický rozměr	Hodnota
Šířka pásu (mm)	600
Výška hladiny pásu (mm)	1100
Velikost předpecí (mm)	1500
Šíře konstrukce na vstupu pece (mm)	800
Rychlost pásu ($m \cdot min^{-1}$)	2,5 - 7

3. Alternativní řešení zakladače výlisků do dvou řad

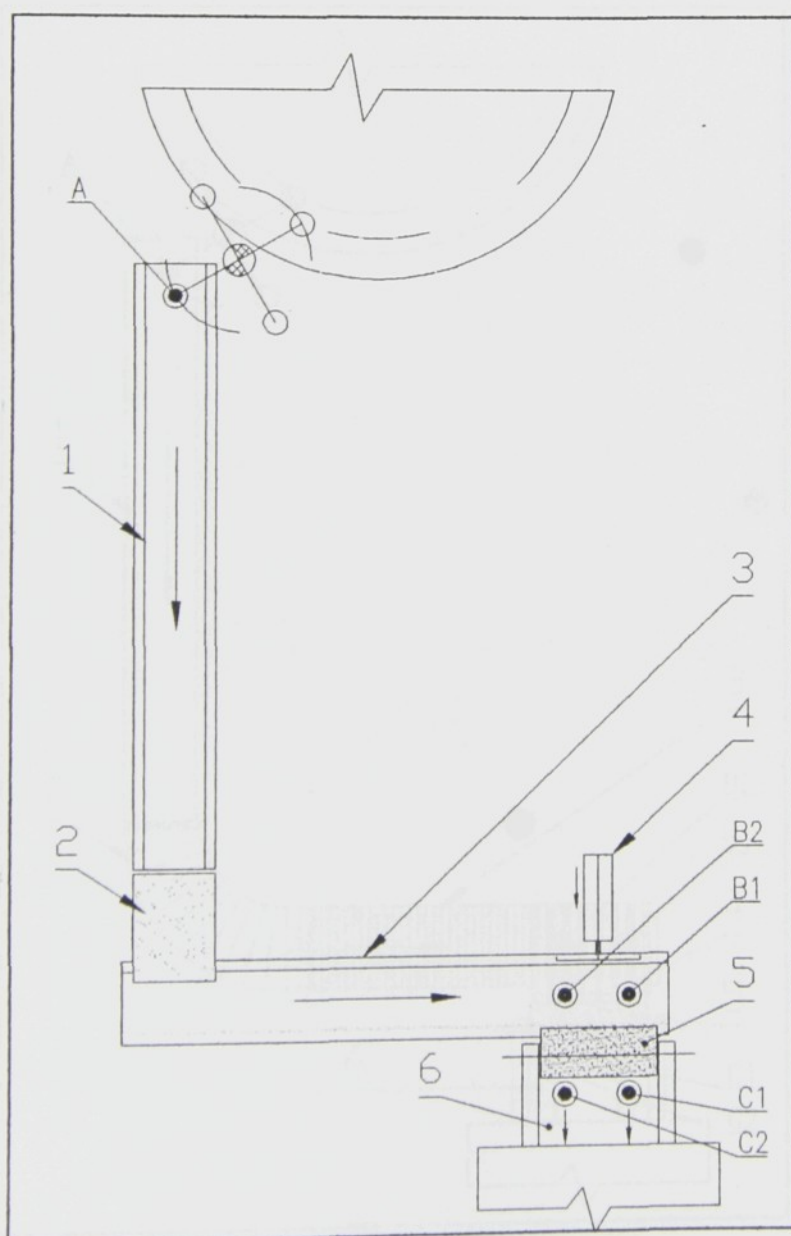
3.1 Základní varianty řešení zakládání výlisků

Stanovení základních variant řešení je plně závislé na systému dopravní cesty od lisu k vlastnímu vstupu do pece. Tento dopravníkový systém může být tvořen jedním nebo více dopravníky. S vyšším počtem použitých dopravníků se zvyšuje počet manipulačních bodů, což je nepříznivé pro šetrné chování k výrobku.



1. Varianta řešení zakládání výlisků

Popis konstrukce : Tato varianta je tvořena dvoudopravníkovým systémem přesunu výlisků. První i druhý dopravník by mohly být pásovým dopravníkem, přičemž druhý by měl mít pás z materiálu, který by byl šetrný ke sklu. Přechod mezi těmito dopravníky je tvořen grafitovým skluzem. Zakládání na pás tvrdící pece je provedeno pneumotorem, který zakládá vždy dva výrobky současně. Volný prostor mezi příčným dopravníkem a pásem pece je vsazena přesouvací deska.

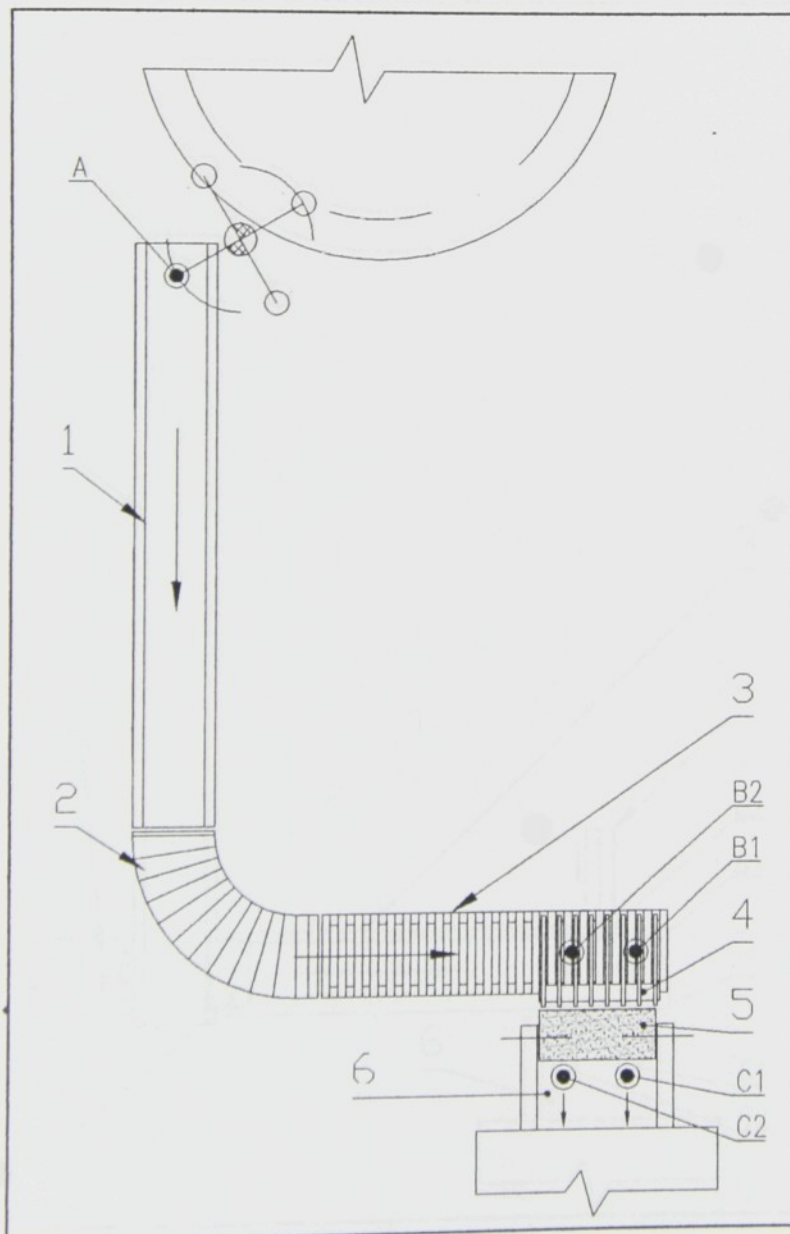


Obr. 6 Popis :

- 1- první dopravník
- pásový
- 2- grafitový skluz
- 3- druhý dopravník
- pásový
- 4- zasouvač do
tvrdící pece
- 5- přesouvací deska
- 6- pás tvrdící pece
- A- vstup výrobku
- B- pozice před
zakládáním
- C- pozice po
založení

2. Varianta řešení zakládání výlisků

Popis konstrukce : V této variantě je využito opět dvoudopravníkového systému zakládání výlisků. První z nich by byl konstruován jako pásový, druhý by byla válečková trať. Válečková trať by byla využita též jako spojovací článek mezi těmito dopravníky. Zakládání na pás tvrdící pece by bylo prováděno otočnými lyžinami, které by výrobek nadzdvihly a svým pootočením mu umožnily skluz na pás tvrdící pece. Výrobky jsou opět zakládány ve dvojici.

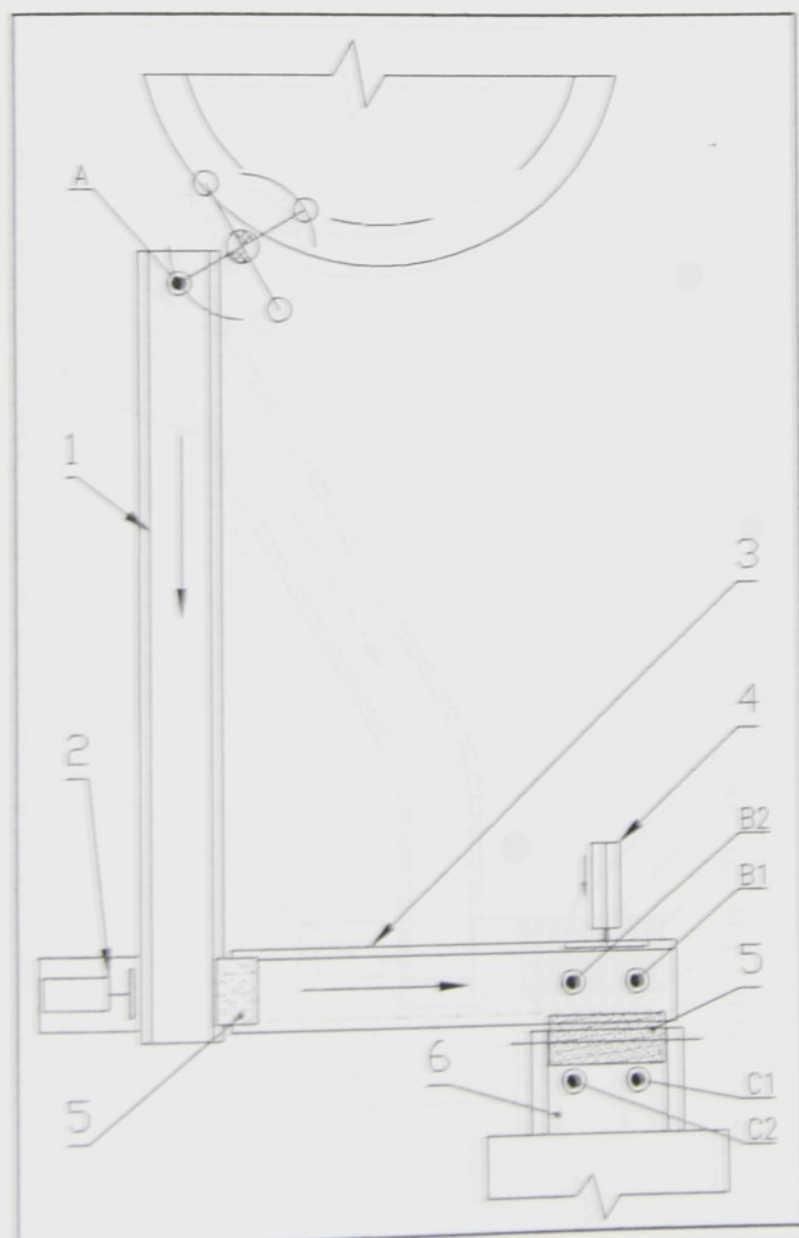


Obr. 7 Popis :

- 1- první dopravník
- pásový
- 2- válečková trať
- 3- druhý dopravník
- válečkový
- 4- otočné lyžiny
- 5- dojezdová deska
- 6- pás tvrdící pece
- A- vstup výrobku
- B- pozice před
zakládáním
- C- pozice po
založení

3. Varianta řešení zakládání výlisků

Popis konstrukce : I v této variantě je použito dvou dopravníků pro přemístění výrobku do zakládací pozice. Oba dopravníky jsou navrženy jako pásové. Vazba mezi nimi je tvořena grafitovou deskou a přesouvačem, který přesouvá výrobky kolmo na směr pohybu prvního pásu. Zakládání na pás tvrdící pece je provedeno opět přesouváním přes grafitovou desku jako v první variantě. Zakládány jsou opět dvojice výrobků současně.

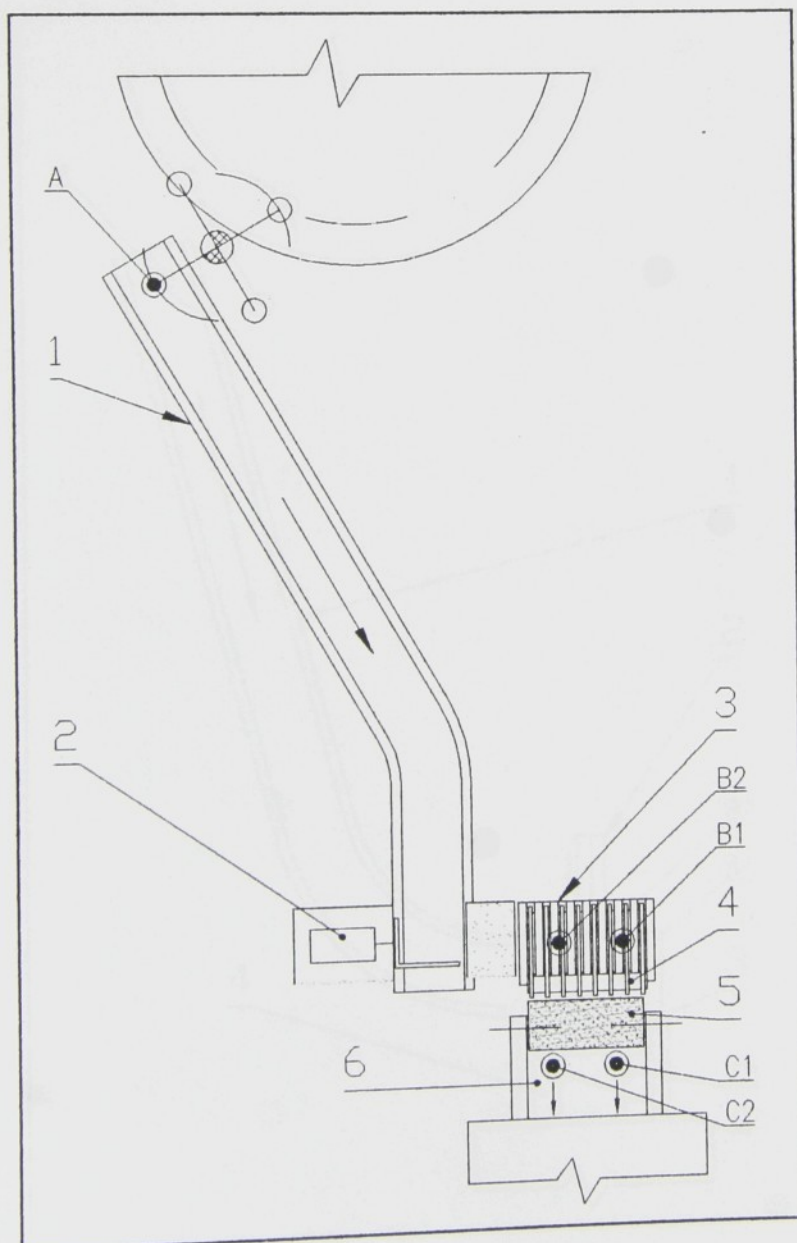


Obr. 8 Popis :

- 1- první dopravník
- pásový
- 2- přesouvač
- 3- druhý dopravník
- pásový
- 4- zasouvač
do pece
- 5- grafitová deska
- 6- pás tvrdící pece
- A- vstup výrobku
- B- pozice před
zakládáním
- C- pozice po
založení

4. Varianta řešení zakládání výlisků

Popis konstrukce : V této variantě tvoří dopravní systém dva dopravníky. První je zahnutý pásový dopravník s drátěným pásem. Druhý dopravník, na který je výrobek přesouván pneumotorem přes přesouvací desku, je dvoupozicová válečková trať. Ta by pracovala krokovým způsobem. Zakládání na pás pece by se provedlo vždy po dvou kusech a to systémem použitím otočných lyžin, které pracují současně jako zvedací zařízení i skluz po kterém sklouznou výrobky do pece.

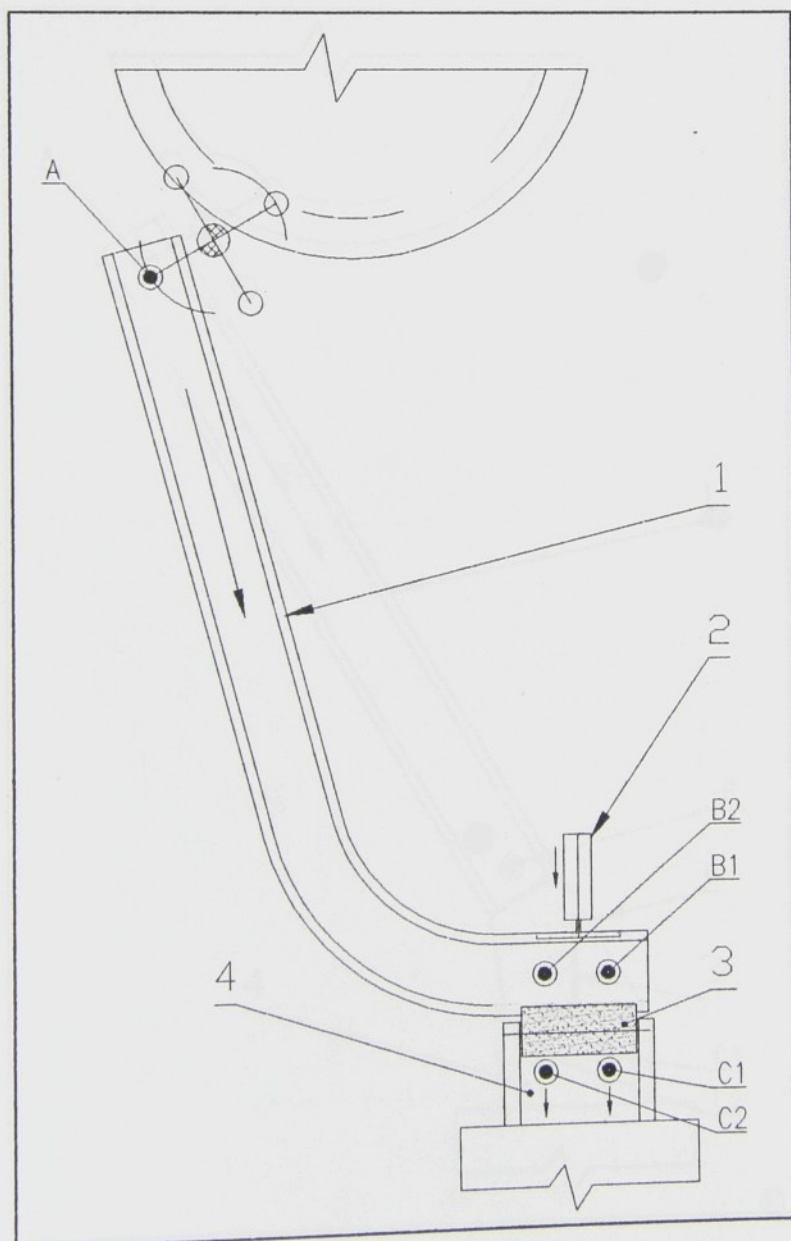


Obr. 9 Popis :

- 1- první dopravník
- pásový zahnutý
- 2- přesouvač
- 3- druhý dopravník
- kroková válečková trať
- 4- otočné lyžiny
- 5- dojezdová deska
- 6- pás tvrdící pece
- A- vstup výrobku
- B- pozice před zakládáním
- C- pozice po založení

5. Varianta řešení zakládání výlisků

Popis konstrukce : Tato varianta využívá k přenosu do zakládací pozice pouze jednoho dopravníku. Ten by byl konstruován jako pásový zahnutý. Pro přesun výrobku na pás tvrdící pece by bylo využito pneumatického válce, který by mohl provádět zakládání dvou výrobků současně nebo střídavě zakládat výrobky vždy do jedné pozice na páse. Prostor mezi dopravníkem a pecí by byl opět osazen grafitovou deskou. Ta by svým mírným sklonem napomáhala přesunu výrobku.

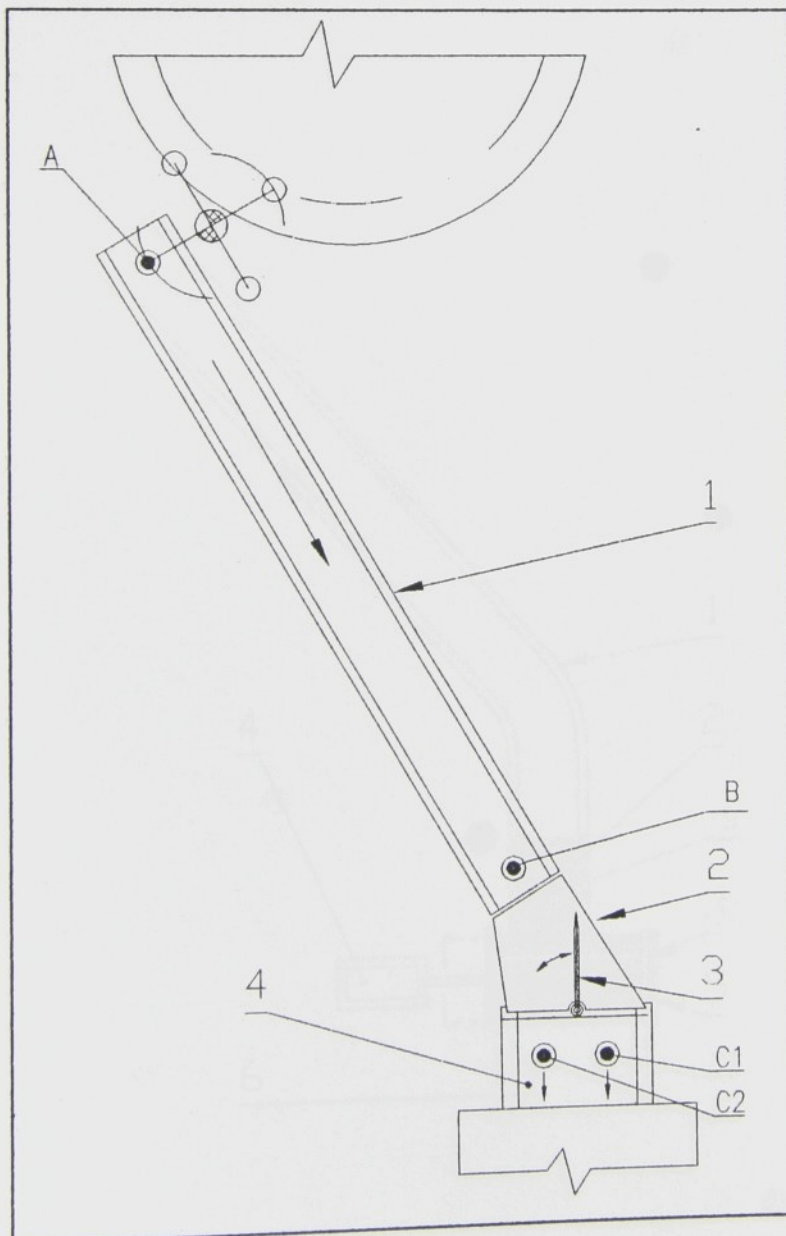


Obr. 10 Popis :

- 1- pásový dopravník zahnutý
- 2- přesouvač
- 3- přesouvací grafitová deska
- 4- pás tvrdící pece
- A- vstup výrobku
- B- pozice před zakládáním
- C- pozice po založení

6. Varianta řešení zakládání výlisků

Popis konstrukce : Tato varianta vychází ze současného stavu přemísťování výlisků od lisu do tvrdící pece. Je tvořena jedním přímým pásovým dopravníkem. Na jeho konci je uzpůsobena grafitová deska, která pomocí otočného ramena rozřazuje výrobky střídavě do dvou řad. Systém zakládání zde není souběžný, ale výrobky jsou rozmísťovány křížovým způsobem. Vzhledem maximální šetrnosti k výrobku je nutné provést obložení roztřídovacího ramena vhodným obložním.

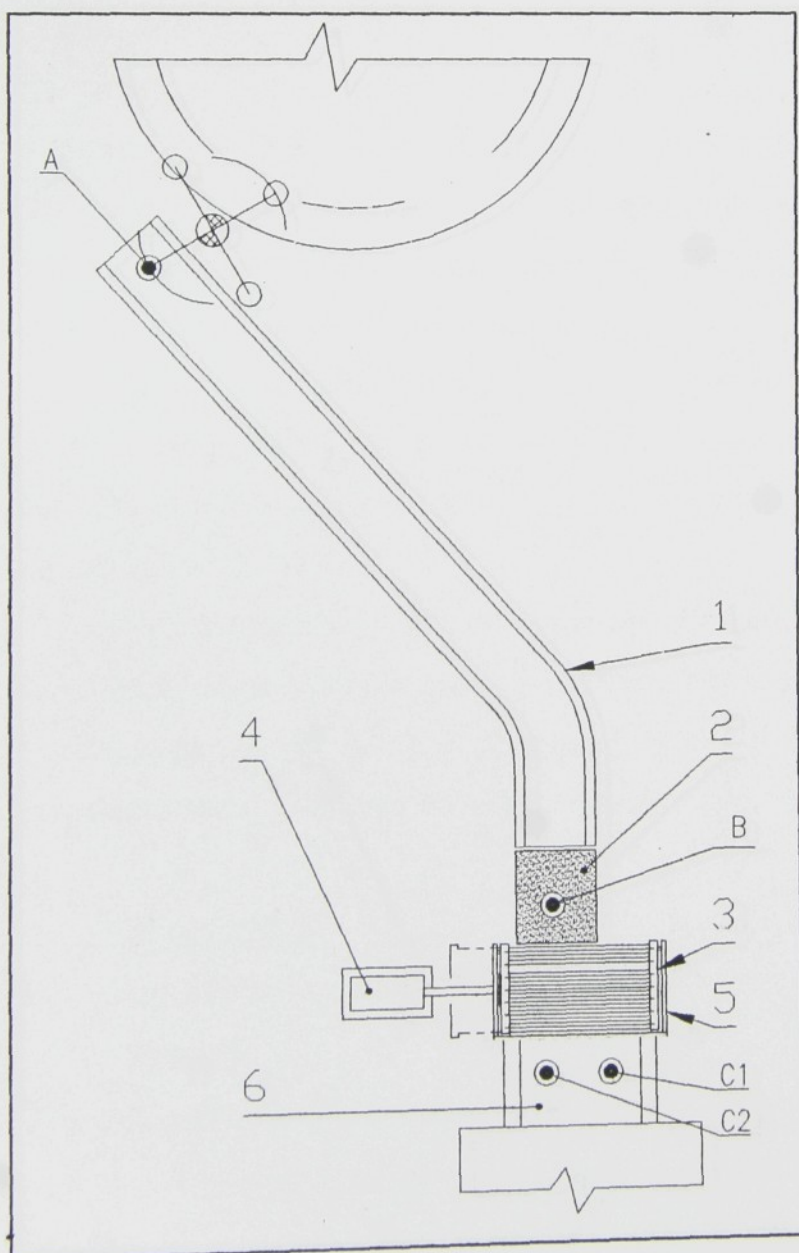


Obr. 11 Popis :

- 1- pásový dopravník
přímý
- 2- grafitový skluz
- 3- rozřazovací
rameno
- 4- pás tvrdící pece
- A- vstup výrobku
- B- pozice před
zakládáním
- C- pozice po
založení

7. Varianta řešení zakládání výlisků

Popis konstrukce : Tato varianta vznikla zdokonalením předchozího návrhu. Je opět využito jednoho dopravníku, který přiblíží výrobek pro zakládání. Dopravník je zahnutý pásový z ukončením přísunu výrobků ve směru pohybu pásu v tvrdící peci. Zakládání na pás je provedeno jednou zakládací plošinou, která koná dva základní pohyby. Příčný posuv pro zaplnění dvou zakládacích pozic a následné sklopení, kterým se dopraví výrobky na pás tvrdící pece vlastní tíží.

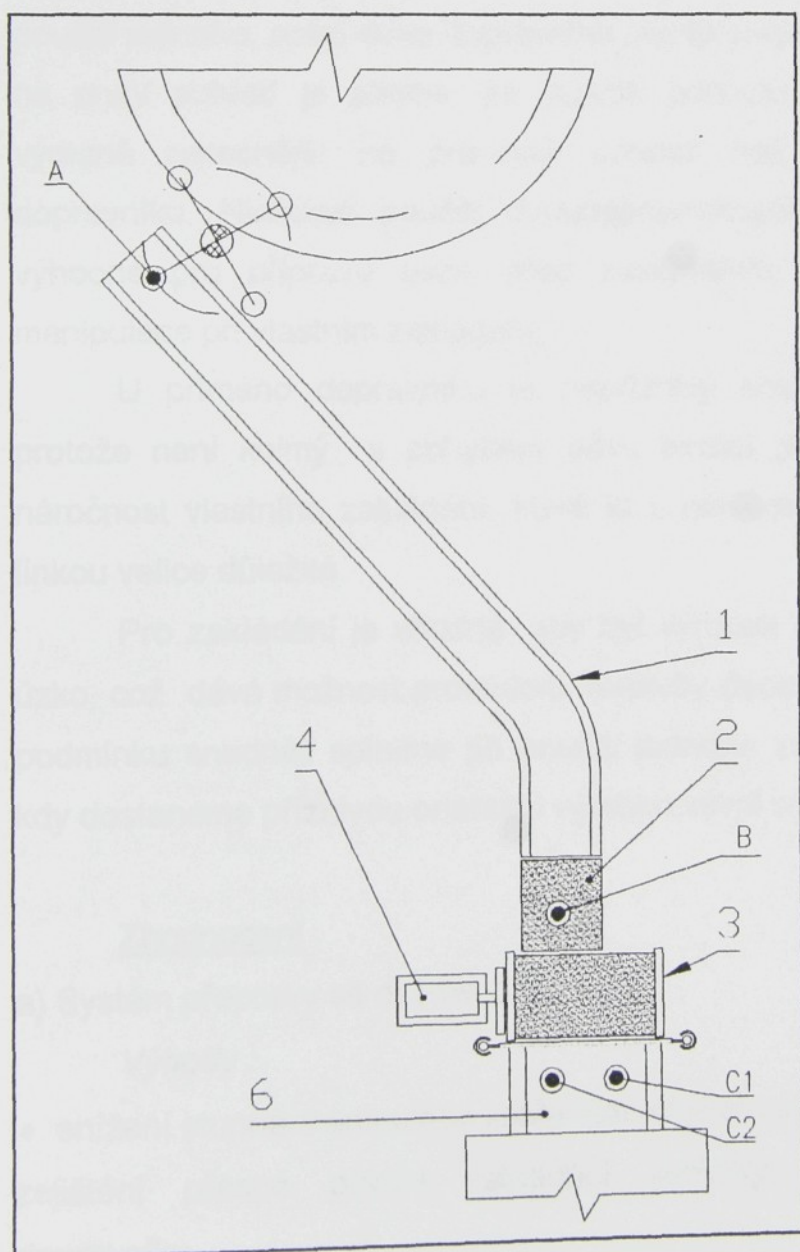


Obr. 12 Popis :

- 1- pásový dopravník
zahnutý
- 2- grafitový skluz
- 3- zakládací plošina
- 4- jednotka pro
příčný posuv
- 5- hradítko
- 6- pás tvrdící pece
- A- vstup výrobku
- B- pozice před
zakládáním
- C- pozice po
založení

8. Varianta řešení zakládání výlisků

Popis konstrukce : Jedná se o variantu s využitím jednoho dopravníku pro přesun od lisu k pozicím pro zakládání do pece. Použitý dopravník je opět pásový zahnutý. Vlastní zakládání se provádí systémem dvou posuvů. Jeden posuv koná přesouvač, který umísťuje výrobky do druhé zakládací pozice. Druhý posuv koná zakládací deska, která se vysune před hradítko. Po jeho spuštění se deska vrací do základní polohy a výrobky se sesunou o spuštěné hradítko na pás pece.



Obr. 13 Popis :

- 1- pásový dopravník
zahnutý
- 2- grafitový skluz
- 3- zakládací deska
- 4- přesouvač
- 5- hradítko
- 6- pás tvrdící pece
- A- Vstup výrobku
- B- pozice před
zakládáním
- C- pozice po
založení

3.2 Rozbor a zhodnocení jednotlivých variant

Při rozboru jednotlivých variant je možné provést rozdělení úlohy manipulace s výliskem na část týkající se přepravy od lisu do pozice zakládání a na část týkající se vlastního zakládání na pás tvrdící pece.

Systém přepravy

Z několika možných typů variant řešení, které jsou uvedeny v předchozím oddíle lze vyčíst dva základní způsoby přepravy výlisků, a to použití jednoho, nebo dvou dopravníků mezi, kterými je přímá vazba. Již na první pohled je zřejmé, že použití principu dvou dopravníků je výrazně náročnější na pracovní prostor než u použití jednoho dopravníku. Nicméně použití dvoudopravníkového systému by bylo výhodné pro přípravu pozic před zakládáním a tím snížit stupeň manipulace při vlastním zakládání.

U přímého dopravníku je nepříznivý směr příchodu výrobků, protože není kolmý s pohybem pásu tvrdící pece. Tím se zvyšuje náročnost vlastního zakládání, které je z následného postupu výrobní linkou velice důležité.

Pro zakládání je vhodné, aby byl výrobek zakládán do pece na úzko, což dává možnost provedení výstavby pece s užším pásem. Tuto podmínku snadněji splníme při použití jednoho zahnutého dopravníku, kdy dostaneme příznivou orientaci výrobku velmi snadno.

Zhodnocení

a) Systém přepravy se dvěma dopravníky

Výhody :

- snížení stupně manipulace zakládání na jednoduchý pohyb zakladače
- zajištění přesné pozice zakládání krokovým pohybem druhého dopravníku

- delší pracovní dráha pro překonání výškového rozdílu vstupu a výstupu ze systému

Nevýhody :

- dlouhá časová náročnost přepravy
- velký zástavbový prostor dopravního systému
- nižší šetrnost k výrobku danou manipulací mezi oběma dopravníky
- nutnost speciálních úprav pásu nebo válečku pro šetrné chování ke sklu

b) Systém přepravy s jedním dopravníkem

Výhody :

- krátké přepravní časy
- nižší konstrukční náročnost a tím i cena
- k manipulaci s výrobkem dochází až při zakládání

Nevýhody :

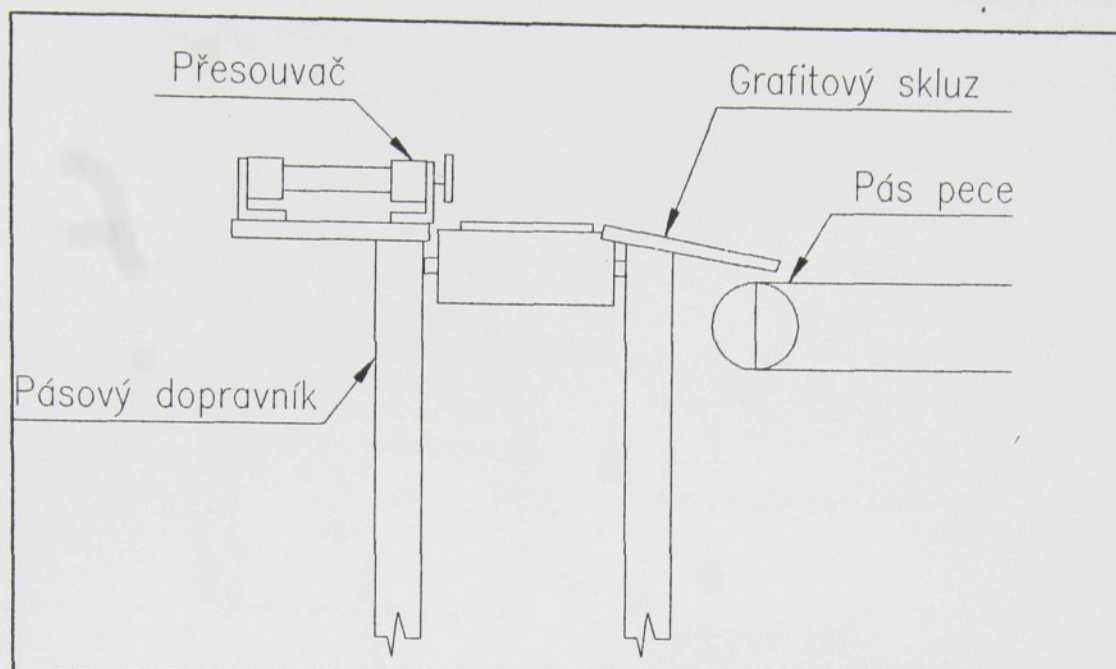
- nutno na krátké dráze překonat výškový rozdíl vstupu a výstupu
- možné problémy funkce u zahnutých dopravníků do kopce

Systém vlastního zakládání

Způsob zakládání výlisků je přímo závislý na druhu a způsobu příchodu výrobku do zakládací pozice. Proto je zřejmé, že systém zakládání pro jeden nebo dva dopravníky může být značně rozdílný.

Zakládání u dvoudopravníkového systému může být provedeno přesunem nebo skluzem, jak je tomu i v případě otočných lyžin. Při použití přesouvače může být výrobek založen přímo až na pás pece, nebo pouze přesunut na kraj grafitové desky a následně by sklouzl na pás po skluzu vlastní tíží. Tím by se mohl snížit zdvih přesouvače.

Při použití jednodopravníkového systému je zakládání závislé na směru příchodu výlisku. U zahnutého dopravníku ze zakončením příčně na pás tvrdící pece, je možno použít stejného systému zakládání jako u dvoudopravníkových pásových systémů, tedy přesunem. U ostatních



Obr.14 Systém zakládání výlisků přesouvačem

druhů jednodopravníkových systémů je nutno řešit problém přesunutí do druhé pozice. Tím je dána úloha řešení dvou na sebe kolmých pohybů.

Specifickým případem je rozřazování otočným hradítkem na širokém skluzu. Tento princip je značně jednoduchý, ale z hlediska výrobků plně nezajišťuje potřebné podmínky pro kvalitní založení. Je to zejména nepřesná orientace výrobků a vysoká rozteč výrobků po založení. Ta je způsobena kloubem, kolem kterého se otáčí rozřazovací rameno.

Zhodnocení

a) Zakládání přesouvačem

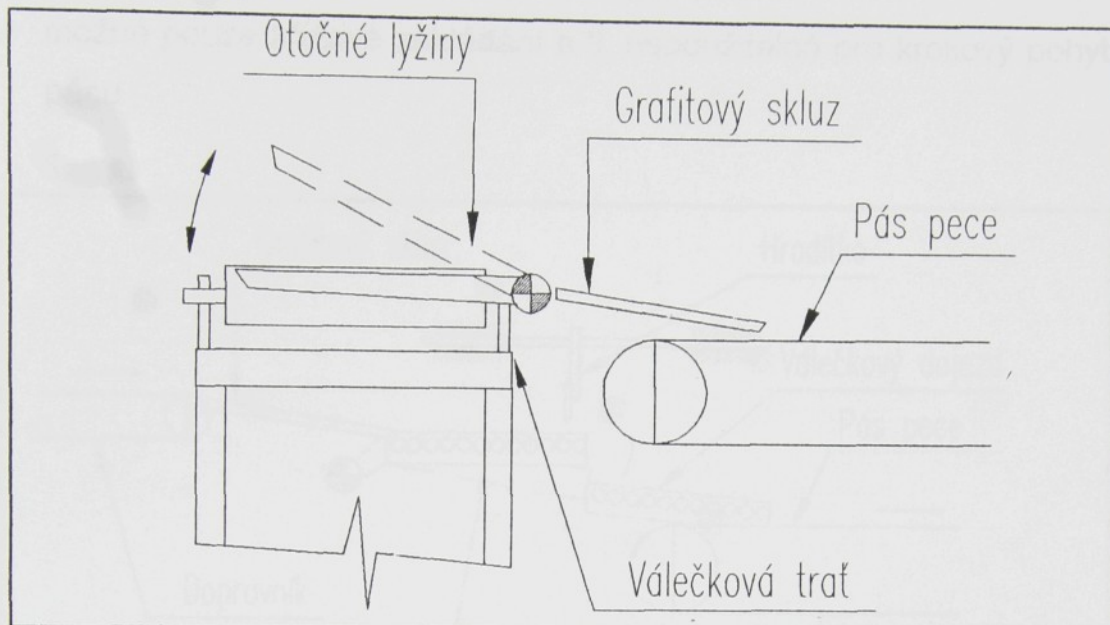
Výhody :

- jednoduchost manipulace a konstrukce zakládání

Nevýhody :

- není zajištěn bezkolizní stav při návratu přesouvače do základní polohy

- k zasouvání dochází z pásu dopravníku, z čehož vyplývá nižší šetrnost u výrobku



Obr. 15 Systém zakládání výlisků pomocí otočných lyžin

b) Zakládání pomocí lyžin

Výhody :

- nízký stupeň manipulace
- není nutno překonávat vysoké převýšení při přepravě do základní pozice

Nevýhody :

- není zajištěn přímkový styk zakladače s výrobkem v počátku zakládání
- nutné použití válečkové tratě
- nutno použít krokový pohyb válečkové tratě
- nízká míra bezpečnosti proti kolizím

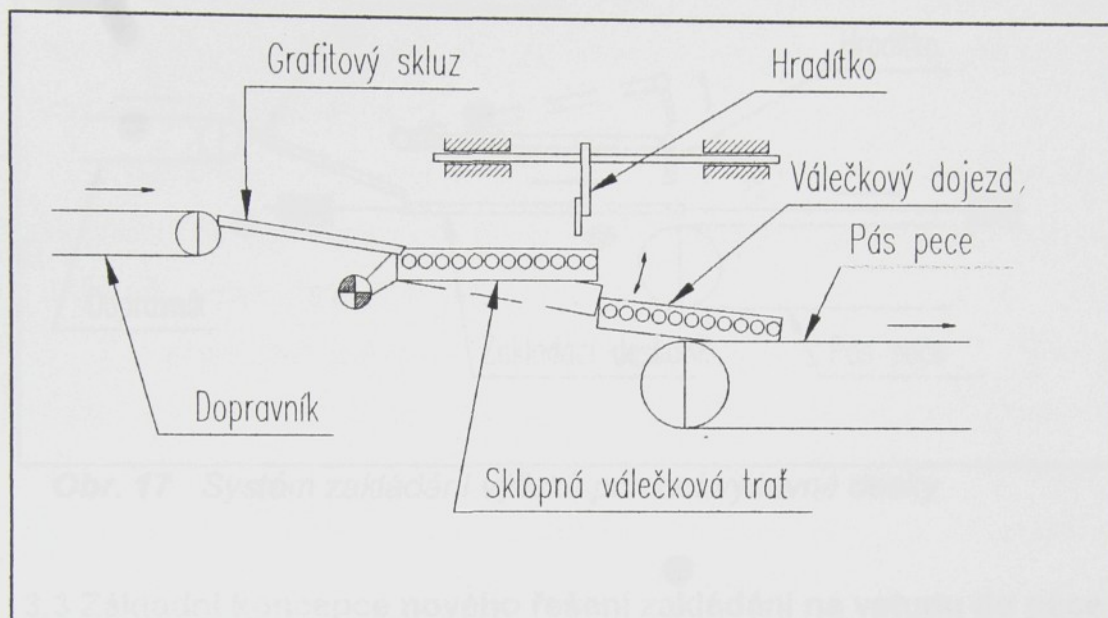
c) Zakládání rozřazovacím ramenem

Výhody :

- velice jednoduché řešení (nízká konstrukční náročnost)
- možnost vycházet ze současného stavu řešení

Nevýhody :

- nezaručená orientace po založení na pás pece
- možné pouze křížové zakládání a tj. nepoužitelné pro krokový pohyb pásu



Obr. 16 Systém zakládání výlisků použitím sklonné válečkové trati

d) Zakládání pomocí sklonné desky

Výhody :

- možnost založení ve dvojici, nebo křížovým způsobem beze změn v konstrukci
- vysoká bezpečnost proti kolizním stavům
- vysoká šetrnost k výrobkům
- nutná minimální manipulace před zakládací pozicí

Nevýhody :

- nutná velká převýšení mezi vstupem výrobků a zakládací pozicí

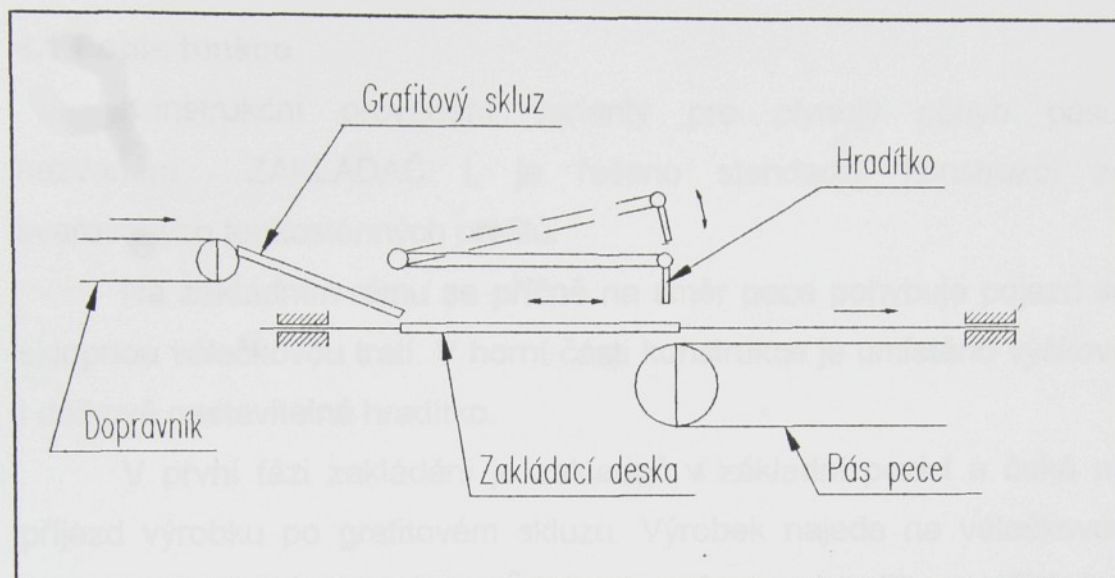
e) Zakládání výsuvnou deskou

Výhody :

- nejideálnější řešení pro zakládání při krokovém pohybu pásu pece
- vysoká šetrnost k výrobku

Nevýhody :

- nutno řešit dva navzájem kolmé pohyby



Obr. 17 Systém zakládání výlisků pomocí výsuvné desky

3.3 Základní koncepce nového řešení zakládání na vstupu do pece

Z provedeného rozboru vyplývá, že je výhodnější provést princip zakládání s využitím jednoho dopravníku a řešit rozřazování až v místě před založením na pás tvrdící pece.

Proto byly zvoleny varianty označené čísly 7 a 8, které nejlépe vyhovují stanoveným podmínkám pro nové řešení.

U obou variant je zvolen přísun výlisků zahnutým dopravníkem. Na zakládací desku se výrobky dostanou přes grafitový skluz. Varianta se sklopnou zakládací deskou je svým principem funkce určena pro zakládání na pás s nepřerušovaným pohybem. Varianta s výsuvnou deskou je velice výhodná pro zakládání na klidovou polohu pásu při krokovém pohybu.

4. Konstrukční řešení varianty pro plynulý pohyb pásu - - ZAKLADAČ I

4.1 Popis funkce

Konstrukční provedení varianty pro plynulý pohyb pásu, nazvaném ZAKLADAČ I, je řešeno standardní konstrukcí ze svařovaných tenkostěnných profilů.

Na základním rámu se příčně na směr pece pohybuje pojezd se sklopnou válečkovou tratí. V horní části konstrukce je umístěno výškově i délkově nastavitelné hradítko.

V první fázi zakládání je zakladač v základní pozici a čeká na příjezd výrobku po grafitovém skluzu. Výrobek najede na válečkovou trať, která má mírný sklon (2°) a zastaví se o hradítko v příslušné pozici. Druhá fáze začíná přesunutím pohyblivého rámu po vodící tyči do druhé krajní polohy. V té zakladač čeká na příjezd druhého výrobku. Po jeho zastavení v příslušné pozici, dojde ke sklopení válečkové trati a v mezeře vytvořené mezi hradítkem a tratí projedou výrobky na pás tvrdící pece současně. Čtvrtá fáze zakládání je návrat do základní polohy, tedy opětovné zvednutí válečků a přesun zpět po vodící tyči. Po proběhnutí všech těchto fází se všechny akce opakují s novou dvojicí výrobků.

4.2 Výpočtová analýza

Výpočet dynamických účinků na válečkové trati

Pro správnou funkci zakladače je nutné určit parametry sklopné válečkové trati. Proto je nutné udělat rozbor procesu valení.

Základní parametry:

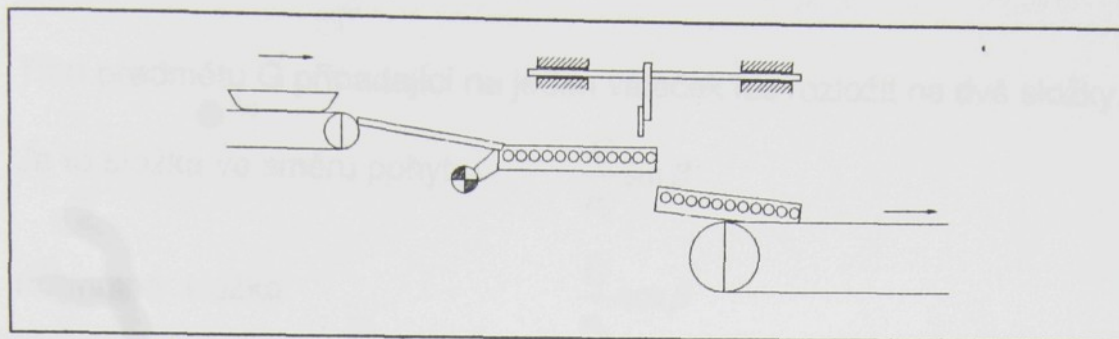
průměr válečku $D_v = 20 \text{ mm}$,

tíha válečku $G_0 = 0,1 \text{ N}$

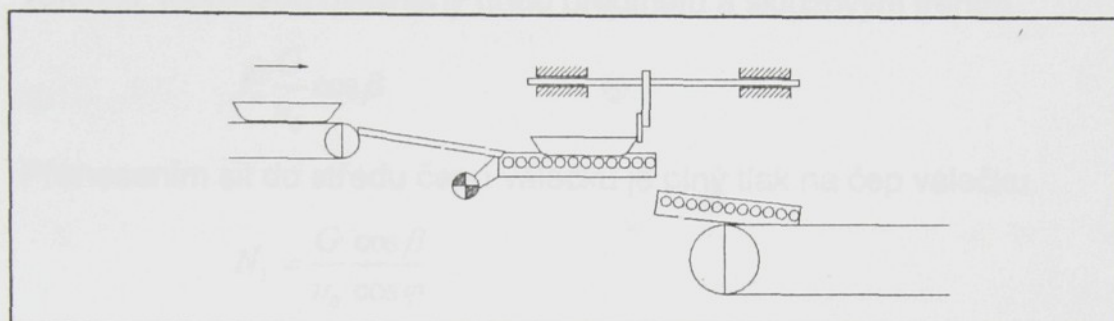
průměr čepu $d = 3 \text{ mm}$,

tíha předmětu $G = 20 \text{ N}$

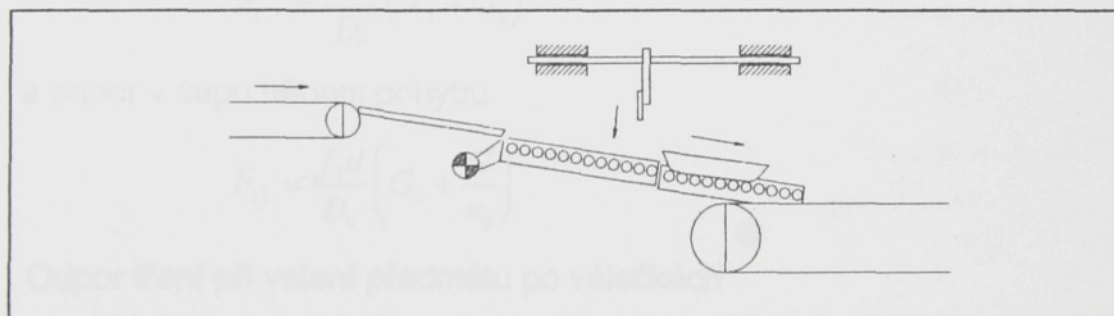
počet válečků $n_0 = 64$



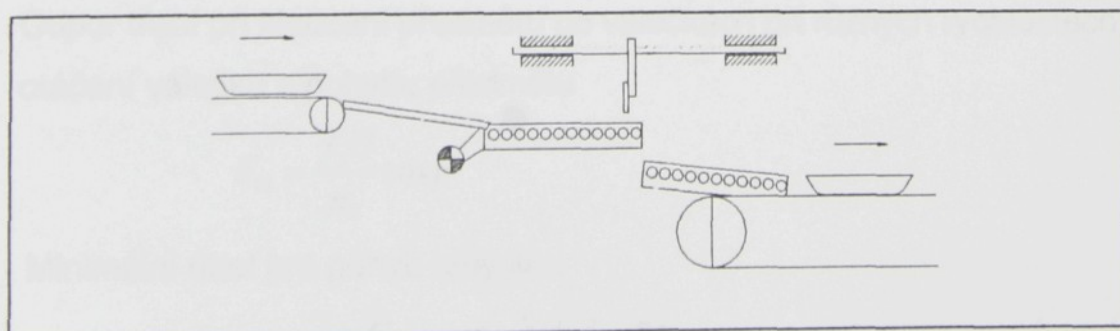
1. fáze zakládání



2. fáze zakládání



3. fáze zakládání



4. fáze zakládání

Obr. 18 Průběh fází při zakládání výrobku ZAKLADAČEM I.

Tíhu předmětu G připadající na jeden váleček lze rozložit na dvě složky.

Je to složka ve směru pohybu $\frac{G}{n_0} \sin \beta$

normální složka $\frac{G}{n_0} \cos \beta$

Kromě tíhy předmětu působí na váleček tečné síly nezbytné pro otáčení válečku, které jsou ovlivněny tíhou předmětu a skluzovým třením

$$f_4 \frac{G}{n_0} \cos \beta$$

Přenesením sil do středu čepu válečku je plný tlak na čep válečku

$$N_1 = \frac{G \cos \beta}{n_0 \cos \varphi}$$

Pro počátek pohybu ($v_0 = 0$) je odpor v čepu

$$F'_{t1} = \frac{f_2 d}{D_v} (N_1 + G_0)$$

a odpor v čepu během pohybu

$$F_{t1} = \frac{f_2 d}{D_v} \left(G_0 + \frac{G}{n_0} \right)$$

Odpor tření při valení předmětu po válečkách

$$F_{t2} = \frac{2kG \cos \beta}{D_v}$$

Odpor tření při klouzání předmětu po válečkách při různých rychlostech otáčení válečku a pohybu předmětu

$$F_{t3} = \frac{f_4 G}{n_0} \cos \beta$$

Minimální úhel pro pohyb tedy je :

$$\operatorname{tg} \beta \geq \left(\frac{n_0 G_0}{G} + \frac{1}{\cos \varphi} \right) \frac{f_2 d}{D_v} + \frac{2k}{D_v}$$

a pro zadané hodnoty je minimální úhel

$$\beta = 5,06^\circ$$

Pro zajištění pohybu po válečkách musí platit :

$$\frac{f_4 G \cos \beta}{n_0} \geq F'_{t1}$$

a po úpravě dostaneme

$$\frac{n_0 G_0}{G \cos \beta} \leq \frac{f_4 D_v}{f_2 d} - \frac{1}{\cos \varphi}$$

po dosazení dostaneme

$$0,322 < 6,968$$

čímž je podmínka valení se značnou bezpečností splněna. Je tedy se zárukou zajištěn okamžitý rozběh válečků a tím zabezpečen minimální kluzný kontakt s výliskem a proto je reálné předpokládat, nebude docházet k poškození povrchu výrobku.

Návrh velikosti pneumatických jednotek

Vzhledem k rovnoměrnosti zaplnění desky kladkami a symetrii rámu lze uvažovat válečkovou trať jako prizmatický člen.

Hmotnost válečkové trati	$m = 18,5\text{kg}$
Vzdálenost těžiště trati	$R = 0,3\text{m}$
Celková délka trati	$L = 0,6\text{m}$
Rameno uložení pneumotoru	$a = 0,35\text{m}$

Pro moment setrvačnosti lze psát

$$J_1 = m \cdot R^2 + \frac{mL^2}{12} = m \left(R^2 + \frac{L^2}{12} \right)$$

$$J_1 = 2,22\text{kg} \cdot \text{m}^2$$

Protože pracovní úhel válečkové trati je 6° a doba sklopení je uvažována $t = 0,5\text{s}$ lze určit úhlové zrychlení ω

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = 0,21 \cdot \text{s}^{-1}$$

Pro bod A lze uvažovat hodnotu obvodové rychlosti, což je i rychlost výsunu pneumotoru

$$v_A = \omega \cdot a = 0,074\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Pro rovnost energií platí

$$\frac{1}{2} m_{red} \cdot v_A^2 = \frac{1}{2} m_p \cdot v_A^2 + \frac{1}{2} J \cdot \omega^2$$

odtud

$$m_{red} = m_p + J \cdot \left(\frac{\omega}{v_A} \right)^2 = m_p + J \frac{1}{a^2} \quad \text{pro } m_p = 0,175\text{kg}$$

$$m_{red} = 24,8\text{kg}$$

Zatížení pneumotoru vyplývá z momentové podmínky

$$mgR = F_{red} \cdot a$$

tedy
$$F_{red} = mg \frac{R}{a} = 155,5\text{N}$$

Za předpokladu délky rozběhu pneumotoru $h = 22\text{mm}$ bude zrychlení

$$a = \frac{v_A^2}{2h} = 0,12\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

odtud pro plochu pístu

$$S = \frac{m_{red} \cdot a + F_{red} \cdot K}{p_a \cdot (1 - b)} = 958,1\text{mm}^2$$

z čehož vyplývá potřebný průměr pístu $d = 34,9\text{mm}$

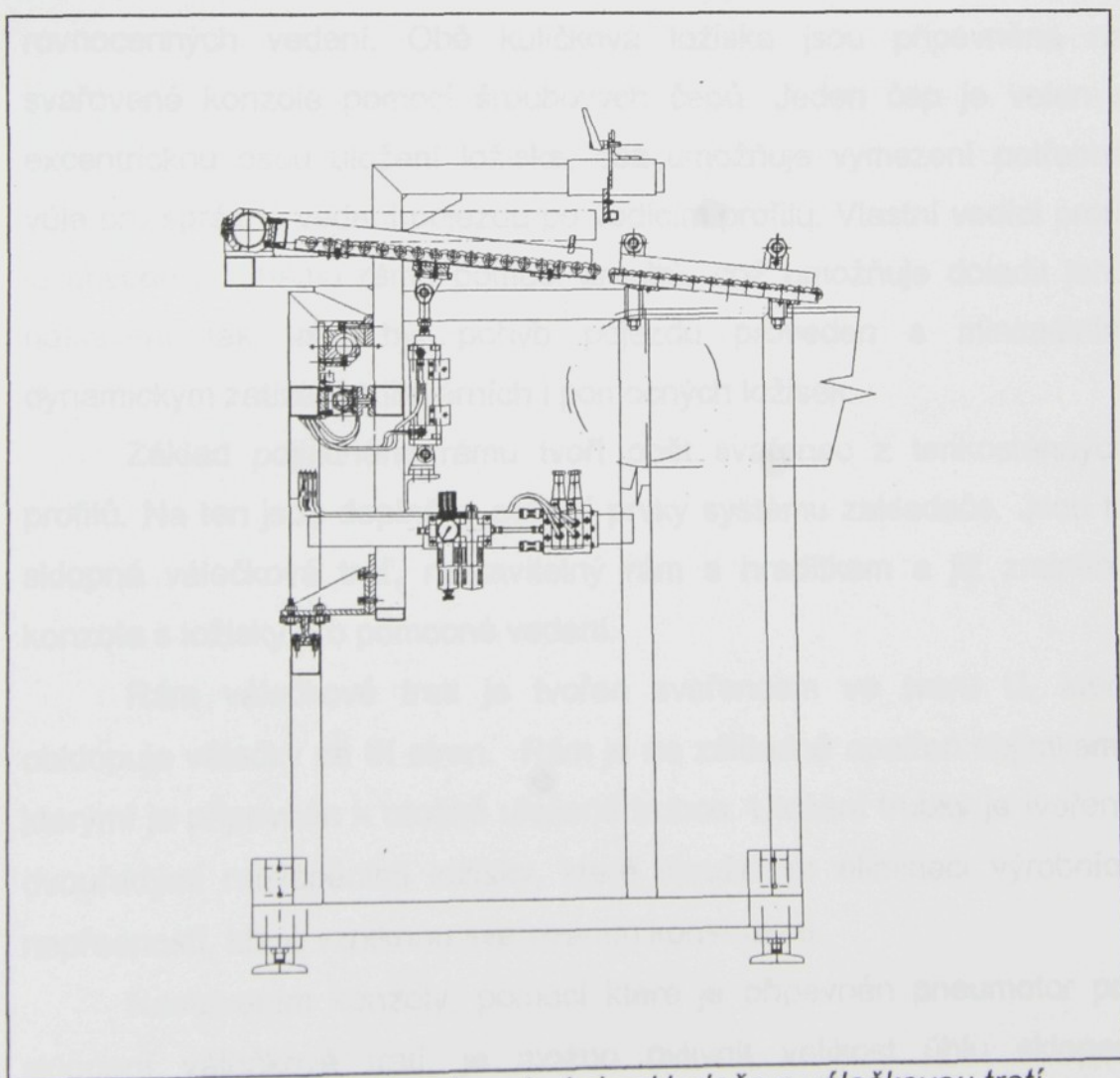
S ohledem na možnost regulace rychlosti a proměnnost pasivních odporů lze vzít pneumotor s průměrem $d = 40\text{mm}$

Protože pro příčný přesun do druhé polohy je druhý pneumotor díky valivému způsobu vedení konstrukce minimálně zatěžován, byl volen pneumotor o průměru $d = 25\text{mm}$. Pracovní zatížení by mělo dávat dosti velkou rezervu proti kolizním situacím.

4.3 Podrobný rozbor konstrukce

Konstrukce zakladače se sklopnou válečkovou tratí je jak již bylo řečeno volena ze svařovaných tenkostěnných ocelových profilů.

Pro základní rám, který slouží jako nosná část konstrukce bylo využito čtvercových profilů 50 x 50, které by měly zajistit dobrou stabilitu



Obr. 20 Boční pohled na konstrukci zakladače s válečkovou tratí

a tuhost konstrukce. Na tomto rámu jsou v horní a dolní části připojeny dvě vedení. Po nich dochází k přesunu pojízdného rámu, který je obsazen válečkovou tratí. První vedení je hlavní nosné a je tvořeno tyčí s lineárními ložisky firmy STAR /5/, které díky přenosu sil valením způsobují pouze minimální pasivní odpory při přejíždění pohyblivého rámu. Pro zvýšení životnosti tohoto vedení jsou použita lineární ložisky s dvěma těsníci kroužky.

Druhé vedení je tvořeno vodícím T - profilem, po kterém se odvalují kuličková ložiska. Toto vedení je pouze vyrovnávací pro odstranění nepříznivých sil, které by mohly vzniknout u dvou tuhých rovnocenných vedení. Obě kuličková ložiska jsou připevněna na svařované konzole pomocí šroubových čepů. Jeden čep je volen s excentrickou osou uložení ložiska, což umožňuje vymezení potřebné vůle pro správné vedení pojezdu po vodícím profilu. Vlastní vodící profil je chycen k tuhému rámu pomocí šroubů, což umožňuje doladit jeho nastavení tak, aby byl pohyb pojezdu proveden s minimálním dynamickým zatížením lineárních i pomocných ložisek.

Základ pojízdného rámu tvoří opět svařenec z tenkostěnných profilů. Na ten jsou doplněny ostatní prvky systému zakladače. Jsou to sklopná válečková trať, nastavitelný rám s hradítkem a již zmíněná konzola s ložisky pro pomocné vedení.

Rám válečkové trati je tvořen svařencem ve tvaru U, který obklopuje válečky ze tří stran. Rám je na základně opatřen objímkami, kterými je připevněn k otočně uložené trubce. Uložení trubky je tvořeno dvouřadými naklápěcími ložisky, které slouží pro eliminaci výrobních nepřesností, které vzniknou svařováním konstrukce.

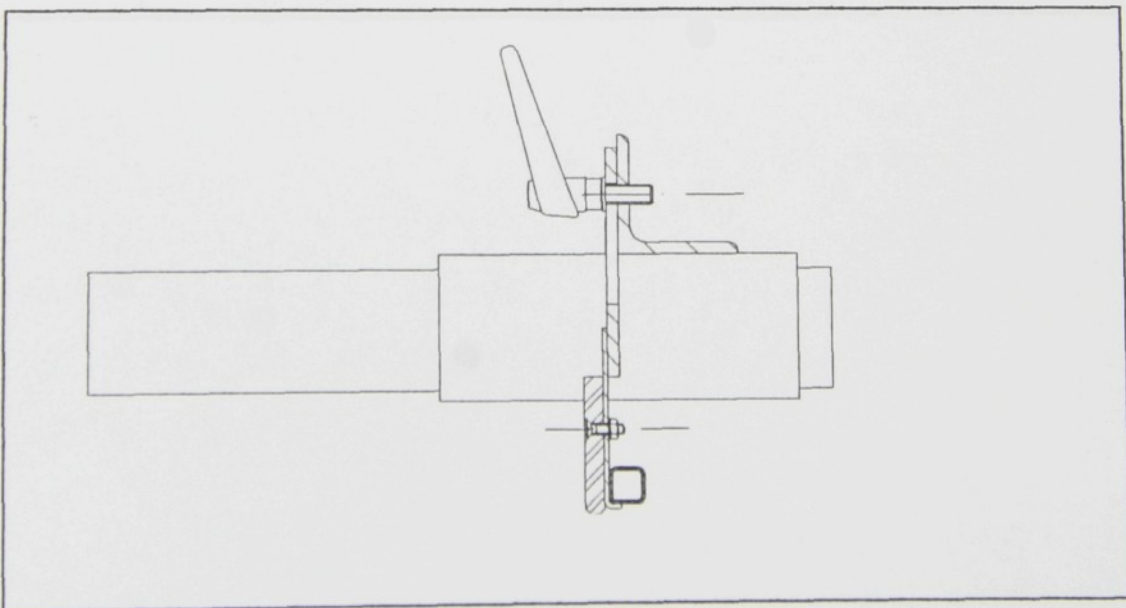
Nastavením konzoly, pomocí které je připevněn pneumotor pro sklopení válečkové trati, je možno ovlivnit velikost úhlu sklopení válečkové trati nezávisle na zakládací poloze. Tuto míru lze ovlivnit v

rozsahu 3° mezi krajními polohami, což dává značné možnosti volby sklonu.

Pro zabezpečení časové návaznosti jednotlivých fází procesu zakládání je konec válečkové trati opatřen dojezdem, který je tvořen také sérií válečků. U tohoto dojezdu je také možnost nastavení velikosti sklonu, což je nutné pro hladkou návaznost na sklopnou trať a zajištění minimální výšky dojezdu nad pásem tvrdící pece.

Vlastní válečky mají vnější povrch tvořený grafitovým obložením dodávaným firmou MURTFELDT, který svým povrchem zajistí maximální šetrnost k povrchu výrobku.

Na obložení hradítka je použit stejný materiál jako na obložení válečků, tedy grafit GA od firmy MURTFELDT. Hradítko, jehož nosnou část tvoří ocelový L- profil je možné nastavit v rozsahu 180mm, čímž se zajistí volit místo dojezdu na válečkové trati podle druhu sortimentu. Další možností nastavení hradítka je volba výšky nad válečkovou trať. Tato výška je závislá na používaném úhlu sklopení válečkové trati a druhu výrobku, protože je nutné, aby se výrobek při dojezdu na válečkovou trať o hradítko zastavil a při sklopení došlo k jeho podjetí.

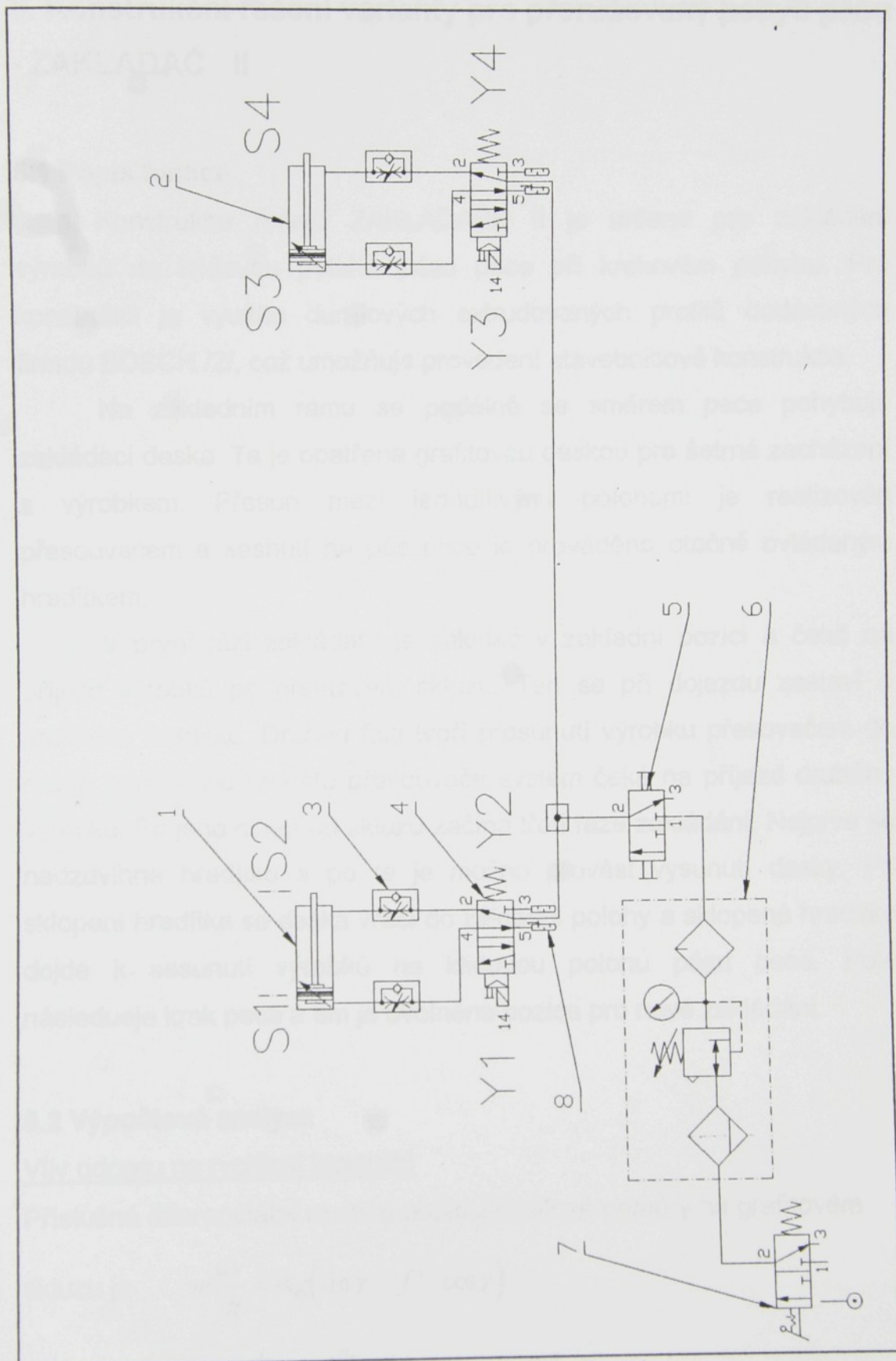


Obr. 21 Provedení konstrukce hradítka

Jednotlivé pohyby konstrukce, což je přesun pojízdného rámu a sklápění válečkové trati je provedeno pomocí pneumotorů dodávaných firmou FESTO [3, 4]. Oba pneumotory jsou opatřeny jednosměrnými škrťicími ventily se škrcením na výstupu a tlumením pneumotoru v obou koncových polohách. Výpočtový návrh pneumotorů je proveden v předchozí části práce. Oba válce jsou navíc opatřeny čidly pro bezkontaktní snímání polohy, čímž je ošetřena funkce provozu.

Tabulka 7 Použité prvky pneumatického rozvodu

Pozice	Název prvku	Označení	Počet	ks
1	Dvojčinný pneumotor	DNU - 40 - PPV - A	1	
2	Dvojčinný pneumotor	DGO -25 - PPV -	1	
3	Jednosměrný škrťicí ventil	GRLA - 1/8 - PK - 6	4	
4	Rozvaděč	MFH - 5 -1/8	2	
5	Vstupní uzavírací ventil	w - 3 - 1/8	1	
6	Úprava vzduchu	FRC - 1/8 - D	1	
7	Uzavírací kohout	TH - 3 - 1/8 - B	1	
8	Tlumiče hluku	GRU - 1/8	2	



Obr. 22 Schema zapojení pneumatického obvodu

5. Konstrukční řešení varianty pro přerušovaný pohyb pásu - ZAKLADAČ II

5.1 Popis funkce

Konstrukce řešení ZAKLADAČE II je určeno pro zakládání výrobků na klidovou polohu pásu pece při krokovém pohybu. Pro konstrukci je využito duralových extrudovaných profilů dodávaných firmou BOSCH /2/, což umožňuje provedení stavebnicové konstrukce.

Na základním rámu se podélně se směrem pece pohybuje zakládací deska. Ta je opatřena grafitovou deskou pro šetrné zacházení s výrobkem. Přesun mezi jednotlivými polohami je realizován přesouvačem a sesnutí na pás pece je prováděno otočně ovládaným hradítkem.

V první fázi zakládání je zakladač v základní pozici a čeká na příjezd výrobků po grafitovém skluzu. Ten se při dojezdu zastaví o spuštěné hradítko. Druhou fází tvoří přesunutí výrobku přesovačem do druhé pozice. Po návratu přesouvače systém čeká na příjezd druhého výrobku. Po jeho dojetí po skluzu začíná třetí fáze zakládání. Nejprve se nadzdvihne hradítko a po té je možno provést vysunutí desky. Po sklopení hradítka se deska vrací do základní polohy a sklopené hradítko dojde k sesunutí výrobků na klidovou polohu pásu pece. Poté následuje krok pece a tím je uvolněna pozice pro nové zakládání.

5.2 Výpočtová analýza

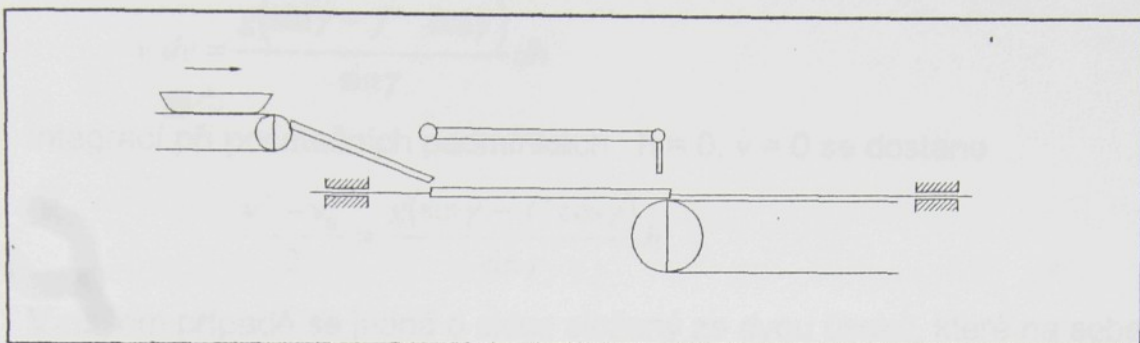
Vliv odporu na rychlost klouzání

Příslušná diferenciální rovnice popisující silové poměry na grafitovém

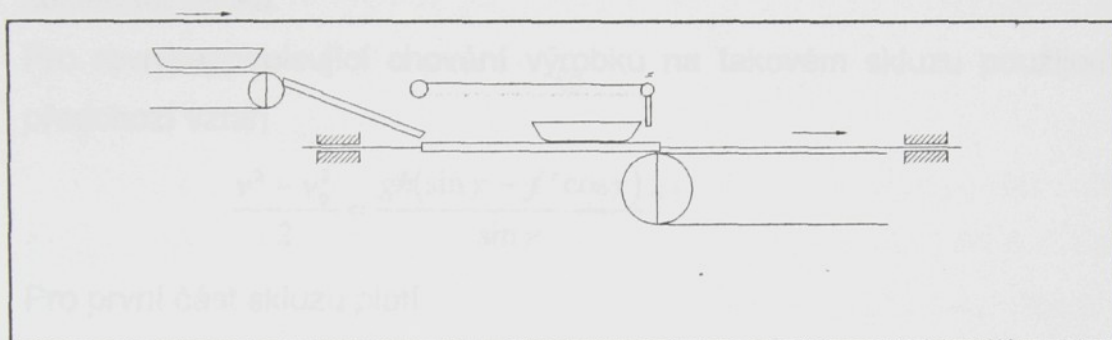
skluzu je
$$m \frac{dy}{dt} = mg(\sin \gamma - f' \cos \gamma)$$

a
$$dt = \frac{ds}{v} = \frac{dh}{v \sin \gamma}$$

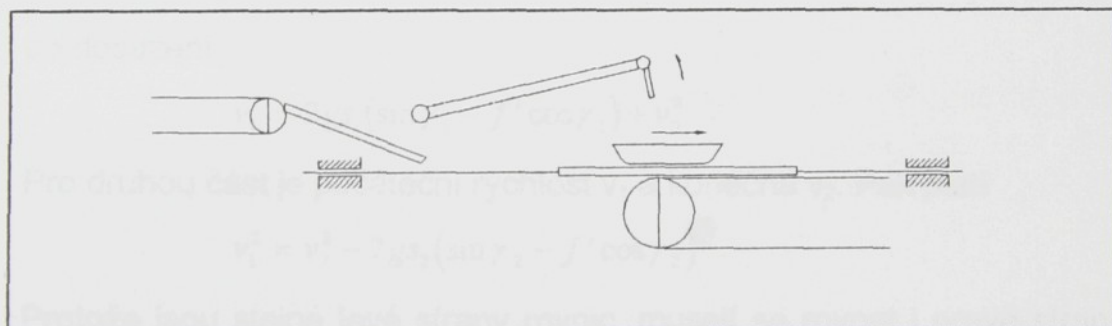
Po dosazení lze psát



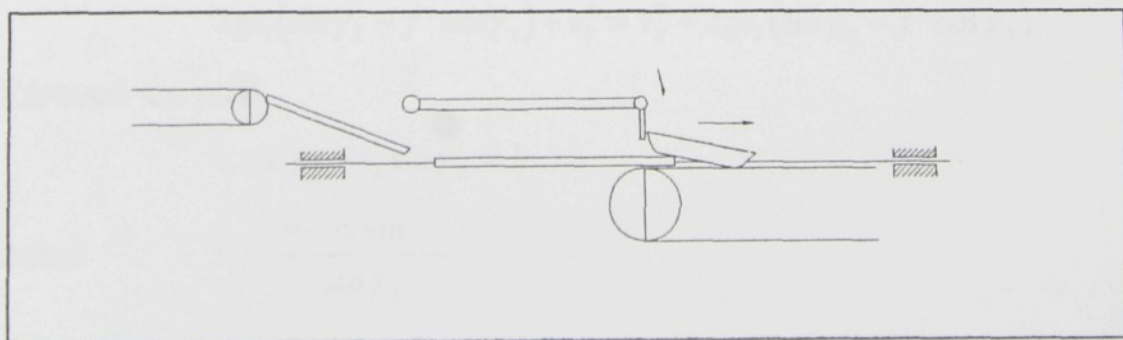
1. fáze



2. fáze



3. fáze



4. fáze

Obr.22 Průběh fází při zakládání výrobku ZAKLADAČEM II

$$v \cdot dv = \frac{g(\sin \gamma - f' \cos \gamma)}{\sin \gamma} dh$$

Integrací při počátečních podmínkách $h = 0$, $v = 0$ se dostane

$$\frac{v^2 - v_0^2}{2} = \frac{g(\sin \gamma - f' \cos \gamma)}{\sin \gamma} h$$

V našem případě se jedná o skluz složený ze dvou úseků, které na sebe navazují. Prvním je skluz od dopravníku výlisků, druhým je rovinná základací deska.

Pro rovnice popisující chování výrobku na takovém skluzu použijeme předchozí vztah

$$\frac{v^2 - v_0^2}{2} = \frac{gh(\sin \gamma - f' \cos \gamma)}{\sin \gamma}$$

Pro první část skluzu platí

$$v_1^2 = \frac{2gh_1(\sin \gamma_1 - f' \cos \gamma_1)}{\sin \gamma_1} + v_0^2, \text{ kde } h_1 = s_1 \sin \gamma_1$$

po dosazení

$$v_1^2 = 2gs_1(\sin \gamma_1 - f' \cos \gamma_1) + v_0^2$$

Pro druhou část je počáteční rychlost v_1 a konečná v_2 . Pak platí

$$v_1^2 = v_2^2 - 2gs_2(\sin \gamma_2 - f' \cos \gamma_2)$$

Protože jsou stejné levé strany rovnic, musejí se rovnat i pravé strany.

Proto lze psát

$$2gs_1(\sin \gamma_1 - f' \cos \gamma_1) + v_0^2 = v_2^2 - 2gs_2(\sin \gamma_2 - f' \cos \gamma_2)$$

Zároveň lze psát

$$s_1 \sin \gamma_1 + s_2 \sin \gamma_2 = h$$

odtud

$$s_1 = \frac{h - s_2 \sin \gamma_2}{\sin \gamma_1}$$

Po dosazení do předchozí rovnice za s_1 lze vyjádřit hodnotu s_2 , což je hodnota potřebná k dojetí výrobku k hradítku. Ta tedy je

$$s_2 = \frac{2gh(1 - f' \cot g\gamma_1) + v_0^2 - v_2^2}{2gf'(\cos \gamma_2 - \cot g\gamma_1 \sin \gamma_2)}$$

Pro hodnotu $\gamma_2 = 0$ lze psát

$$s_2 = \frac{2gh(1 - f' \cot g\gamma_1) + v_0^2}{2gf'}$$

Pokud z této rovnice vyjádříme úhel sklonu skluzu γ_1 , lze určit pro potřebnou délku dojezdu sklon skluzu potřebný pro bezpečné založení na základací desku.

Pro hodnotu dojezdové dráhy těžiště $s_2 = 0,34\text{m}$ a velikost převýšení $h = 150\text{mm}$ a s počáteční rychlostí $v_0 = 0,096\text{ m s}^{-1}$ dostaneme potřebný úhel skluzu

$$\gamma_1 = 25^\circ$$

Tato hodnota je značně vyšší než u skluzu při současném stavu řešení, kde je tato hodnota přibližně 15° . Tento výsledek bude mít jistě dopad na nutnost překonání většího výškového rozdílu mezi lisem a tvrdící pecí.

Návrh pneumatických jednotek

Pro určení správné velikosti pneumatického válce je důležité určit velikost zatížení, která je dána hodnotou momentu setrvačnosti.

Držák hradítka

$$J_1 = 2m_1(a^2 + L^2/12) + m_2 \cdot L^2 =$$

$$J_1 = 2\left(1,15 \cdot 0,4^2 + 1,15 \cdot \frac{0,8^2}{12}\right) + 0,86 \cdot 0,8^2 =$$

$$= 0,49 + 0,55 = 1,04\text{kg} \cdot \text{m}^2$$

Rameno páky

$$J_2 = m_2 \cdot b^2 + \frac{m_2 \cdot L^2}{12} = 0,55 \cdot \left(0,225^2 + \frac{0,45^2}{12}\right)$$

$$J_2 = 0,037\text{kg} \cdot \text{m}^2$$

Hradítko

$$J_3 = m_3 \cdot L^2 = 1,25 \cdot 0,5^2 = 0,31\text{kg} \cdot \text{m}^2$$

Celkový moment setrvačnosti

$$J = J_1 + J_2 + J_3 \cong 1,7 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Následující výpočet byl proveden obdobně jako v předchozím řešení při použití následujících hodnot

úhlová rychlost $\omega = 0,25 \text{ s}^{-1}$

redukováná hmotnost na píst pneumotoru $m_{\text{red}} = 8,55 \text{ kg}$

zrychlení pneumotoru $a = 0,35 \text{ ms}^{-2}$

Po dosazení do vztahu pro výpočet plochy pístu dostaneme hodnotu $S_A = 391,6 \text{ mm}^2$.

Potom píst má průměr $d = 23,9 \text{ mm}$

Vzhledem k dostatečně velké volbě bezpečnosti $K = 3$ lze s jistotou rezervou použít pneumotor s průměrem $d = 25 \text{ mm}$.

Pneomotory pro podélný a příčný posuv jsou tzv. bezsilové, tj. přemáhají pouze síly pasivních odporů a byly voleny s přihlédnutím ke konstrukčnímu řešení, zejména k tuhosti vedení a nutnost silové rezervy pro případ kolísání frikčních poměrů a hmotnosti sortimentu takto :

pneomotory podélného posuvu $d = 25 \text{ mm}$

pneumotor příčného posuvu $d = 25 \text{ mm}$

5.3 Podrobný rozbor konstrukce

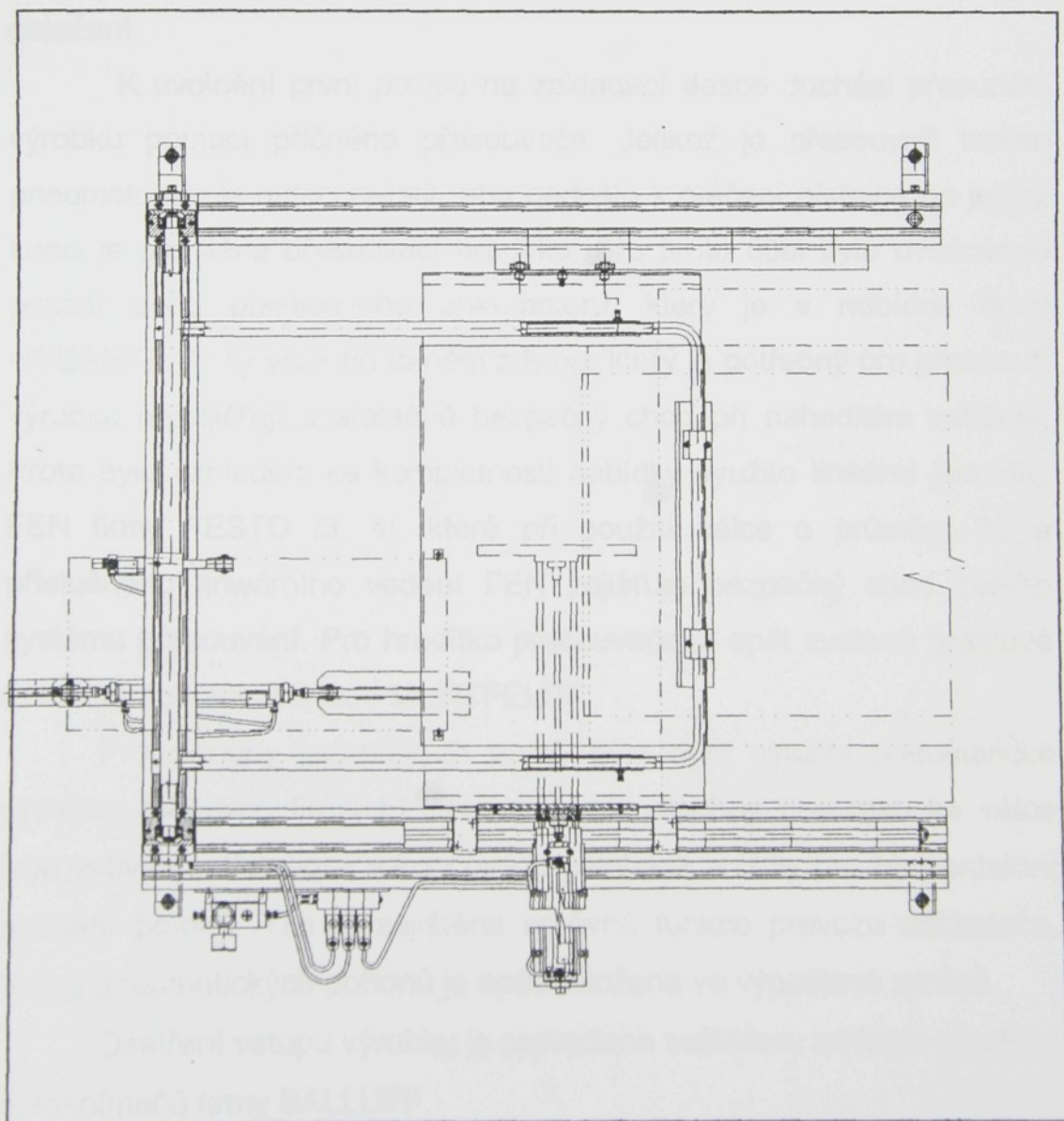
Konstrukce zakladače s výsuvnou zakládací deskou byla pojata moderním způsobem konstruování s využitím stavebnicového systému spojováním duralových extrudovaných profilů firmy BOSCH /2/.

Základní rám tvoří profily 90 x 90, pomocné příčky a nosníky profily 45 x 45 a 45 x 90. Pro spojení jednotlivých částí je využito spojovacího materiálu dodávaného taktéž firmou BOSCH.

Posuvná zakládací deska se pohybuje pomocí dvou souběžných vedení, hlavního a pomocného. Hlavní vedení využívá lineárních ložisek, které jsou opět voleny z nabídky firmy STAR /5/. V tomto případě je voleno vedení uloženého na nosném profilu A a dělených lineárních ložisek uzpůsobených tomuto typu uložení. To dává možnost použití

menšího průměru vodící tyče. Druhé vedení je opět tvořeno kulíčkovými valivými ložisky, které jsou vedeny po vodícím profilu. Jsou použita tři ložiska a to dvě shora jako nosná a jedno ze spoda jako pomocné přídržné. Toto spodní ložisko je nasazeno na čepu s excentrickou osou uloží ložiska, což opět umožňuje nastavit ložisko do polohy potřebné pro správný chod desky.

Nosnou část desky tvoří plech tlošťky 3 mm, na který je přichycena grafitová deska. Přichycení je provedeno pomocí šroubů M4 se zápusťnou hlavou, které jsou zapuštěny pod úroveň roviny zakládací desky. Grafitová deska je opět vybrána z nabídky firmy MURTFELDT.



Obr. 24 Pohled shora na zakladač s výsuvnou deskou

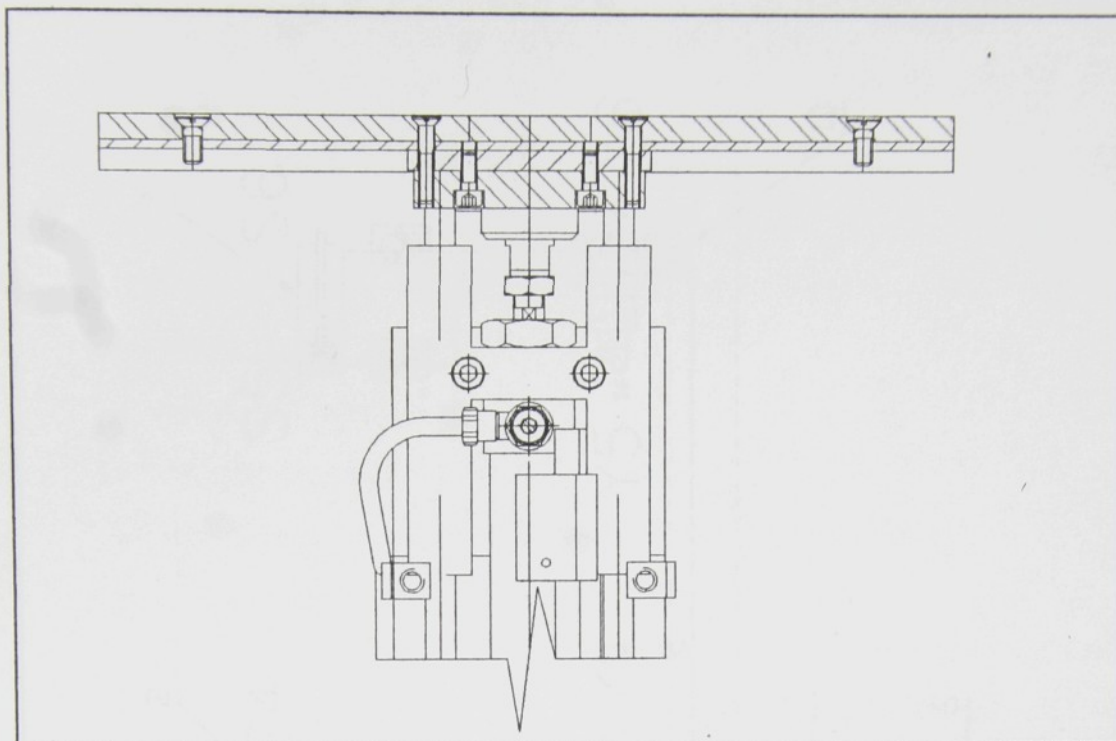
V tomto řešení zakládání je hradítko voleno otočné, protože před výsunem desky je nutné hradítko nadzdvihnout. I v tomto případě je hradítko nastavitelné výškově i délkově. Dále je možno provést změnu naklopení obložení rámu hradítka. Výškové nastavení se provádí povolením šroubů objímek hradítka a natočením do potřebné polohy. Délková poloha hradítka se upravuje vysunutím nebo zasunutím rámu z objímek hradítka a dotažením vzpěrných šroubů.

Obložení hradítka je nutno použít oboustranně, protože hradítkem dochází k zastavení výlisků při sklouzávání a rovněž k vysouvání při zakládání na pás, kde je funkční právě druhá strana obložení.

K uvolnění první pozice na zakládací desce dochází přesunem výrobku pomocí příčného přesouvače. Jelikož je přesouvač tvořen pneumotorem je nutno zajistit, aby nedošlo k otáčení pístnice na jejímž konci je umístěna přesouvací hradítko. Pro tento účel bylo uvažováno použití dvou pístnicového pneumotoru, který je v nabídce firmy HOERBIGER. Ty však při daném zdvihu, který je potřebný pro přesunutí výrobku nezajišťují dostatečně bezpečný chod při nahodilém zatížení. Proto bylo vzhledem ke kompletnosti nabídky využito lineární jednotky FEN firmy FESTO /3, 4/, které při použití válce o průměru 25 a příslušného linwárního vedení FEN zajišťuje bezpečný chod celého systému přesouvání. Pro hradítko přesouvače je opět zvoleno grafitové obložení dodávané firmou MURTFELDT.

Pro pohony jednotlivých prvků byly opět využity pneumatické systémy rakouské firmy FESTO, přičemž všechny pneumatické válce jsou vybyveny tlumením v koncových polohách a čidly pro bezkontaktní snímání polohy. Tím je zajištěna správná funkce provozu zakladače. Volba pneumatických pohonů je opět doložena ve výpočtové zprávě.

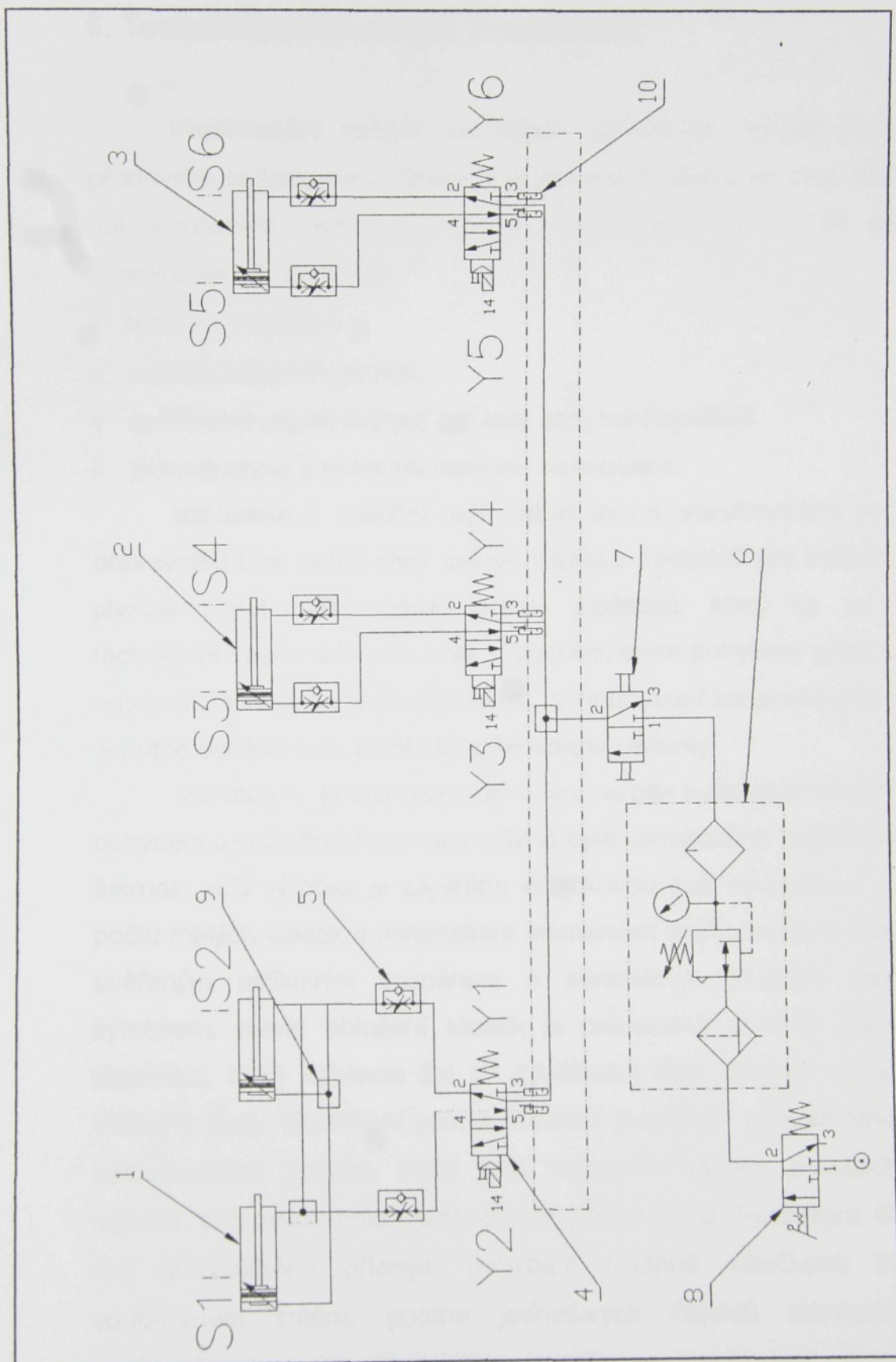
Ošetření vstupu výrobku je provedeno světelnou závorou použitím optosnímačů firmy BALLUFF.



Obr.25 Lineární jednotka pro přesun výrobků do druhé polohy

Tabulka 8 Použité prvky pneumatického rozvodu

Pozice	Název prvku	Označení	Počet	ks
1	Pneumatický válec	DSN - 25 - PPV	2	
2	Pneumatický válec	DSN - 25 - PPV	1	
3	Pneumatický válec	DSN - 25 - PPV	1	
4	Rozvaděč	MFH - 5 - 1/8	3	
5	Jednosměrný škrťací ventil	GRLA - 1/8 - PK - 6	6	
6	Úprava vzduchu	FRC - 1/8 - D	1	
7	Vstupní uzavírací ventil	W - 3 - 1/8	1	
8	Uzavírací kohout	TH - 3 - 1/8 - B	1	
9	Hadicová spojka	FCN - 3 - PK - 6	2	
10	Tlumič hluku	GRU - 1/8	2	



Obr. 26 Schema zapojení pneumatického obvodu

6. Technickoekonomické zhodnocení

Předkládané řešení zakladače výlisků do tvrdící pece řeší především požadavek ukládání a rozřazování výlisků do dvou řad. Bylo nutné navrhnout koncepčně zcela nové řešení, které musí splňovat zejména tyto požadavky :

- šetrnost k výrobku
- zajistit bezkolizní provoz
- spolehlivě zajistit činnost pro celý sortiment výrobků
- jednoduchost a provozní odolnost konstrukce.

Vzhledem k záměru řešit tvrdící pec s přerušovaným pohybem dopravníku bylo nutné řešit jednak klasický zakladač pro zakládání na plynulý pohyb pásu pece, jednak zakladač, který by se svými technickými parametry vyrovnal s přerušovaným pohybem pásu pece a nutností zakládat do klidového stavu. V hodnocení konstrukčního řešení je nutné odděleně hodnotit obě překládané varianty.

Zakladač I je určen pro zakládání na pás s plynulým nepřetržitým pohybem a jednotlivá hodnotící kritéria byla konstrukčně zajištěna takto : šetrnost vůči výrobku je zajištěna válečkovou trati složenou z velkého počtu malých kladek s minimálním momentem setrvačnosti a výpočtově ověřeným mžikovým rozběhem a minimálním kluzným třením s výrobkem. Navíc obložení kladek je provedeno pomocí grafitového materiálu, který dokonce ani při smykovém tření nevnáší do výrobku viditelné vady. Bezkolizní provoz zařízení je zajištěn pomocí návazných jednoduchých pohybů, které jsou vzájemně vázány prostřednictvím signálu koncových poloh jednotlivých pneumotorů. Rozřazení do dvou řad je zajištěno příčným pohybem sklopné válečkové trati ve vodorovném směru, poloha jednotlivých objektů manipulace je zajišťována pomocí stavitelného hradítka s kterým má při příčném přesuvu výrobek minimální kontakt. Z hlediska zajištění spolehlivé

činnosti pro celý sortiment výrobků je v konstrukci zařízení počítáno s nastavitelností hradítka z hlediska délky od skluzu i náklonu hradítka tak aby mohla být kompenzována rozdílná velikost, tvar sortimentu a setrvačné síly působící při pohybu ze skluzu na sklopnou plošinu.

Navíc je nastavitelná výchozí úroveň polohy plošiny proti horizontále a koncová poloha při sklopení. Aby se maximálně zkrátila doba přesunu výrobku ze plošiny na pás pece, je přechod řešen pomocí stacionární válečkové tratě opět s možností nastavování jejího sklonu. V konstrukci byl kladen důraz na jednoduchost a provozní odolnost konstrukce, jednak volbou rozděleného uložení a jeho umístění mimo dosah působícího radiačního záření, tak aby se minimalizovala teplotní expozice vedení a pneumatických pohonů.

Zakladač II byl konstruován se zřetelem pro manipulaci ve vazbě na přerušovaný pohyb pásu tvrdící pece, to jest pro případ kdy v okamžiku zakládání pás pece stojí. Vzhledem k možnosti poškození výrobku přesouváním po ocelovém pásu pece byla konstrukčně a koncepčně řešena varianta, která zachovává v okamžiku manipulace relativní klidovou polohu výrobku vůči pásu a pohyb je přitom zajištěn pomocí podložky opatřené deskou z grafitu, která při relativním pohybu nepůsobí poškozením výrobku.

Výrazná pozornost byla věnována zajištění bezkolizního provozu zakladače. Vstupním dopravníkem je výrobek nasouván přes skluz do jednoznačné pozice v pravé části pece ve směru pohybu pásu a následně je provedeno přesunutí pomocí hradítka po grafitovém skluzu. Zarážka i hradítko je rovněž obloženo grafitovým obložením, takže je splněn předpoklad pro nepoškození výrobku při manipulaci. Vstup výrobku je signalizován optosnímačem, vazba na chod stroje je asynchronní s časovým zpožděním nutným pro přesun celého výrobku do polohy určené hradítkem. Další fází pohybu je zvednutí

nastavitelného hradítka a přesunutí výrobku na skluzu bez relativního pohybu oproti podložní desce. Sesunutím hradítka a návratem podélně pohybující se desky dojde k nasunutí na pás bez relativního pohybu výrobku a pásu pece. Následuje krok pece, který není časově závislý ve vazbě na činnost dopravníku (zakladače), což umožňuje plně pracovat v synchronizaci s výrobním lisem pro celý zpracovávaný sortiment.

Konstrukce se vyznačuje jednoduchostí a z toho plynoucí provozní spolehlivostí, přičemž odolnost konstrukce byla zajištěna obdobně jako v minulém v případě pomocí vhodné volby umístění hnacího motoru a volby způsobu vedení.

Ekonomické hodnocení nebylo prováděno vzhledem k nevyjasněnosti záměru a nutnosti hodnotit přínosy konstrukčního celku, tvrdící pec, zakladač, dopravní systém a zakladač je z tohoto hlediska pouze dílčím zařízením jehož přínos není možné bez těchto podkladů ekonomicky vyčíslit a porovnat se stávajícím stavem. Konstrukční řešení bylo realizováno s přihlédnutím k nákladům na konstrukci a výrobu zakladače přičemž oba zakladače lze odhadnout v srovnatelných nákladech obou variant k rozmezí 200 až 250 tis. Kč. Celkově lze konstatovat, že hlavní technické podmínky řešení obě dvě varianty splňují srovnatelným způsobem ve vazbě na koncepci tvrdící pece. Pro případ plynulého pohybu tvrdící pece lze aplikovat zakladač ve variantě označené I, pro přerušovaný pohyb pece je k dispozici zakladač II. Navíc je možné předpokládat, že navržené koncepce zakladače mohou nalézt uplatnění nejen pro manipulaci na vstupu do tvrdící pece, ale s jistými úpravami lze použít navržený princip i pro řešení manipulačních úloh na jiných místech výrobní linky.

Závěr

V předkládané diplomové práci byla navržena koncepce manipulace s lisovanými výrobky na vstupu do nové tvrdící pece, která vyžaduje rozřazení výrobků do dvou řad.

Nejprve byla provedena charakteristika současného stavu řešení s popisem linky na výrobu lisovaného skla SIMAX. Podrobnější popis byl věnován oblasti před vstupem do pece a vlastnímu zakládání výrobků.

V následující části byla provedena podrobná analýza hlavních problémů současného řešení s uvedením koncepčního záměru na zlepšení dané situace. Z takto stanovených úkolů vyplynuly základní technické podmínky pro nové řešení zakládání výlisků.

Třetí kapitola ukazuje možné směry řešení s přehledem základních uvažovaných variant nového způsobu přemísťování a zakládání výrobků do nové tvrdící pece. Jednotlivé varianty byly posléze zhodnoceny a tím došlo k volbě nejpříjemnějších řešení systému zakládání.

V kapitole 5 a 6 bylo provedeno konstrukční řešení dvou zvolených variant nového způsobu zakládání, které svým způsobem provozu vyhovují vždy pro jiný druh pohybu pásu. U jednotlivých řešení je uveden popis funkce a podrobný rozbor konstrukce s doložením potřebné výpočtové části.

V závěrečné kapitole bylo provedeno technickoekonomické zhodnocení nových řešení zakládání výlisků do tvrdící pece se zaměřením na technickou stránku věci, protože skutečný ekonomický přínos ukáže až vlastní provoz nové pece.

Každá konstrukce využívá jiných trendů konstruování. První, označená jako ZAKLADAČ I, je řešena klasickou konstrukcí ze svařovaných tenkostěnných profilů, čímž je dána nižší cena dané

varianty. Druhá konstrukce, označená jako ZAKLADAČ II , byla pojata moderní metodou konstruování s využitím extrudovaných duralových profilů pro konstrukci základního rámu. Obě konstrukce využívají pneumatických prvků FESTO pro správnou funkci zakladačů.

Jsem přesvědčen, že navrhovaná zařízení mají základní předpoklady plnit technické podmínky zadané manipulační úlohy.

Závěrem bych chtěl poděkovat Doc. Ing. Františku Novotnému, CSc. za vynikající spolupráci , cenné rady, kritické připomínky a příkladné vedení při řešení mé diplomové práce.

Seznam použité literatury:

- /1/ Chvála, Nedbal, Dunaj - Automatizace, SNTL 1985
- /2/ Katalog BOSCH - Mechanik - Grundelemente
- /3/ Katalog FESTO - Dimensions
- /4/ Katalog FESTO - Výrobní program - Pneumatik
- /5/ Katalog STAR - Das Linear - program
- /6/ Katalog ULMER
- /7/ Katalog MURTFELDT
- /8/ Katalog BALLUFF