

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci

nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23 - 34 - 8

Výrobní stroje a zařízení

zaměření

Sklářské a keramické stroje

Katedra sklářství a keramiky

Izostatický lis na předtlisování prášku  $Al_2O_3$

Zdeněk Talán

DP 374/81

Vedoucí práce : Ing. František Novotný VŠST Liberec

Konzultant : Ing. Eva Hašková, OSc VŠST Liberec

Rozsah práce a příloh:

|                         |    |
|-------------------------|----|
| Počet stran:            | 66 |
| Počet příloh a tabulek: | 0  |
| Počet obrázků:          | 29 |
| Počet výkresů:          | 2  |
| Počet modelů:           | 0  |

DT: 666.3.022.

Datum: 22. 5. 1981

*12/10*

Katedra. sklář. a keram. strojů

Skolní rok: 1980/81

# DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Zdeňka P a l á n a

obor 23-21-8 stroje a zařízení pro chemický, potravinářský  
a spotřební průmysl

Protože jste splnili požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnice ministerstva školství o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol

Název tematu: Izostatický lis pro předlis prášku  $\text{FeAl}_2\text{O}_3$ .

### Pokyny pro vypracování:

Při přípravě granulátu prášku  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  je nutné provádět předlis výchozí suroviny, prášku  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Vzhledem k vlastnostem tohoto prášku je aplikace jednoosého lisování vyloučena, proto se předlis provádí izostaticky. Použití vysokotlakého izostatického lisu pro tuto operaci je neekonomické.

Úkolem Vaší diplomové práce bude navrhnout a konstrukčně zpracovat nízkotlakový izostatický lis se suchou formou na maximální lisovací tlak 12 MPa s výkonností minimálně 150 kg prášku za směnu.

V práci proveďte:

1. Alternativní návrh koncepce izostatického lisu s automatickým pracovním cyklem.
2. Nejvhodnější alternativu zpracujte konstrukčně formou sestavného výkresu.
3. Hlavní podskupiny, tj. tlakové komory s formami a plnicí zařízení zpracujte formou podsestavných výkresů.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení přínosu.

[illegible][illegible]

Rozsah grafických laboratorních prací: cca 40 stran textu doložených příslušnými výpočty a výkresy

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

Novotný, F., Hašková, E.: Úprava prášku  
-1,0, pro kalcinaci granulování  
(PV 8482/79).

Jelen, J.: Technologie výroby transparent-  
ních trubíc /Výzkumná zpráva/ 1979

Hašková, E., Novotný, F.: Lisování kera-  
mických prášků /Výzkumná zpráva úkolu  
P-01-124-010/01/ Liberec 1979.

Dokumentace izostatického lisu CJZ 4  
n.p. Zdař

Prospekty izo-lisu firmy Dorat (NGR)

Vedoucí diplomové práce:

Ing. František Novotný

Konsultanti:

Ing. Eva Hašková

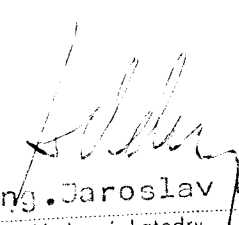
Datum zahájení diplomové práce:

6. 10. 1980

Datum odevzdání diplomové práce:

22. 5. 1981

L. S.

  
Doc. Ing. Jaroslav Belda, CSc.  
Vedoucí katedry

  
Doc. RNDr. Bohuslav Stříž, CSc.  
Děkan

v

Literci

dne

6.10.

19 80

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou  
práci vypracoval samostatně s použitím uvedené li-  
teratury.

*Edvard Palda*  
.....

| <u>Obsah:</u>                                                                | <u>Str.</u> |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1. Úvod                                                                      | 5           |
| 2. Rozbor současného stavu a požadavky na izostatický lis a pomocná zařízení | 8           |
| 2.1. Popis současného stavu                                                  | 8           |
| 2.2. Obecný popis izostatického lisování, rozdíly od lisování klasického     | 8           |
| 2.3. Zdůvodnění výhodnosti předlisování prášku $Al_2O_3$                     | 11          |
| 2.4. Výchozí požadavky kladené na zařízení                                   | 16          |
| 3. Alternativy řešení izostatického lisu                                     | 18          |
| 3.1. Pracovní cyklus izostatického lisu                                      | 18          |
| 3.2. Přehled navrhovaných alternativ řešení                                  | 19          |
| 3.2.1. Karuselové uspořádání                                                 | 19          |
| 3.2.2. Řadové uspořádání                                                     | 20          |
| 3.2.3. Jednopolicový lis                                                     | 21          |
| 3.2.4. Lis kvaziizostatický                                                  | 21          |
| 3.3. Zhodnocení a výběr optimální varianty                                   | 29          |
| 4. Konstrukce izostatického lisu a příslušných zařízení                      | 32          |
| 4.1. Projektový návrh zařízení                                               | 32          |
| 4.1.1. Rozbor pracovního cyklu                                               | 33          |
| 4.1.2. Řešení pracovního obvodu                                              | 36          |
| 4.1.3. Popis činnosti navrženého pracovního obvodu                           | 41          |
| 4.2. Konstrukční řešení jednotlivých částí                                   | 46          |
| 4.2.1. Hydraulický lis FYE 10 N                                              | 46          |
| 4.2.2. Výpočet tlakové nádoby                                                | 46          |
| 4.2.3. Výpočet formy                                                         | 52          |
| 4.2.4. Výpočet zavážecího vozíku                                             | 54          |
| 4.2.5. Mechanismus skluzu                                                    | 54          |
| 4.2.6. Mechanismus razníku                                                   | 58          |
| 5. Technicko-ekonomické zhodnocení                                           | 60          |
| 5.1. Přínos zařízení                                                         | 61          |
| 6. Závěr                                                                     | 64          |
| 7. Seznam použité literatury                                                 | 65          |
| 8. Seznam příloh                                                             | 66          |

## 1. Ú v o d

Důsledné uplatňování nových poznatků vědy a techniky, ochrana a tvorba životního prostředí a co nejlepší využití všech energetických zdrojů surovin, to jsou hlavní požadavky kladené na všechny pracující v každé sféře národního hospodářství.

V návrhu hlavních směrů hospodářského a sociálního rozvoje ČSSR na léta 1981 - 1985 se tak jako dosud počítá s dalším zvyšováním průmyslové výroby. Ovšem charakteristickým rysem návrhu je to, že předpokládá potřebný vzestup národního důchodu při nižším tempu růstu výrobní spotřeby. Z toho vyplývá, že je založen na vyšším zhodnocování všech zdrojů použitých v materiální výrobě, v celém národním hospodářství.

Je známo, že ve srovnání s jinými vyspělými státy spotřebovává naše národní hospodářství na jednotku národního důchodu o jednu pětinu až o jednu polovinu více energetických zdrojů a nejinak je tomu ve spotřebě surovin. Proto tedy součástí návrhu hlavních směrů je úkol, zabezpečit v průběhu jednotlivých let snižování spotřeby energie, kovů a dalších surovin, zvláště pak ropných produktů.

Prakticky tyto požadavky znamenají postupně urychlovat rozvoj odvětví, oborů i výrobků méně náročných na suroviny a energetické zdroje, ale o to náročnější na vklad vysoce kvalifikované, vědecké a tvůrčí práce.

Podle návrhu hlavních směrů rozvoje bude i nadále hrát nezastupitelnou úlohu ve vnějších ekonomických vzta-

zích strojírenství, jako tradiční odvětví našeho národního hospodářství. Současně se však musí hledat možnosti pro vývoz i v dalších odvětvích a oborech, zejména v těch, které využívají drahé suroviny jako základnu, jako je například i sklářský a keramický průmysl.

Jedním z krůčků na této cestě racionálních úspor je použití moderních světelných zdrojů s vysokou účinností přeměny energie elektrické na světelnou a to vysokotlakých sodíkových výbojek.

Výroba těchto svítidel je náročná a jsou s ní spojeny problémy jejichž vyřešení se urychlí přechod na seriovou výrobu.

Jednou z hlavních součástí sodíkových výbojek je keramická trubice z transparentního korundu. Základní surovinou pro výrobu těchto trubice je kysličník hlinitý modifikace  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ , vysoké chemické čistoty, který je připraven rozkladem kamence hlinitoamonného  $\text{NH}_4\text{Al/SC}_4/2$ . Modifikace

$\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  - je velice jemný prášek / měrný povrch 100-120  $\text{m}^2/\text{g}$  /, který má dobré tokové vlastnosti. To znamená, že jím lze poměrně snadno plnit lisovací formy. Značně horší tokové vlastnosti má modifikace  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ , jenž se připravuje kalcinací z modifikace  $\gamma$  a je vlastní surovinou pro výrobu trubice. Zhoršené tokové vlastnosti  $\alpha$  korundu ztěžují mechanické operace, které jsou třeba provést před vlastním lisováním trubice. Aby zůstaly zachovány dobré tokové vlastnosti  $\gamma$  prášku, provádí se před kalcinací granulace. Granulace spočívá v předlisování  $\gamma$  korundu na izostatickém lisu poměrně malým tlakem, čímž se dosáh-

ne rovnoměrné zhutnění prášku, a následným rozdužením výlisku na granulát. Granulovaným práškem  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  lze mechanické operace provádět snadno a výhodněji než u volného  $\alpha$  prášku.

Izostatické lisování  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ , jako nutný proces pro získání granulátu, se dosud provádělo na vysokotlakém izostatickém lisu, jehož použití je pro tuto operaci neekonomické.

Úkolem diplomové práce je proto navrhnout a konstrukčně zpracovat nízkotlaký izostatický lis se suchou formou na maximální lisovací tlak 12 MPa s výrobností minimálně 150 kg prášku za směnu.



## 2. Rozbor současného stavu a požadavky na izostatický lis a pomocná zařízení.

### 2. 1. Popis současného stavu

Izostatické lisování prášku  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  se dosud provádělo tak, že se ručně naplnily pryžové formy práškem, uzavřely se a vložily se do perforovaného plechového koše, který se ponořil do tlakové komory vysokotlakého izostatického lisu. Provádělo se izostatické lisování v mokré formě. Po odlisování se koš s formami opět vyjmul, formy se ručně otevřely a vyjmuly se z nich výlisky, které se dále zpracovávaly na granulát. Všechny úkony spojené s manipulací, plněním, vyjímáním se tedy prováděly ručně a izostatický lis konstruovaný na značně vyšší tlaky než je zapotřebí spotřebovával pro svou činnost více energie než izostatický lis konstruovaný na tlaky potřebné.

Takovýto stav nemůže vyhovovat seriové výrobě, a tak je nutné vyřešit zautomatizování procesu a navrhnout izostatický lis vyvozující tlaky nutné a postačující k předlisování.

### 2. 2. Obecný popis izostatického lisování, rozdíly od lisování klasického.

Izostatické lisování /někdy též hydrostatické/, je takový způsob tváření, kdy na sypkou hrotu /v našem případě prášek  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ / uzavřenou v pryžové formě působí všesměrný tlak kapaliny. Toto je také základní rozdíl od

běžných způsobů lisování, to znamená lisování z jedné, respektive z obou stran v kovové formě pomocí razníků. U jednostranného nebo oboustranného lisování v kovové formě nelze zajistit rovnoměrnou hutnost výlisku v celém objemu, z důvodu nedokonalého prostupu tlaku lisovanou hmotou - stráta tlaku s výškou výlisku, protože nedostaneme požadované vlastnosti výlisku. Při výpalu se pak takovýto výlisek bude smršťovat nepravidelně. V místech největšího zhutnění /to je v případě dvoustranného lisování na čelech výlisku a v případě jednostranného lisování na čele, které bylo ve styku s razníkem/ se smrští méně než v oblasti zhutnění menšího /oboustranné lisování - uprostřed výlisku a jednostranné lisování - na čele, které nebylo ve styku s razníkem - viz obrázek 1 a, b/. Tyto problémy vznikají už tehdy, je-li poměr výšky výlisku k jeho průměru  $\frac{h}{d} \geq 1$ . Nevýhody nebo potíže provázející klasický způsob lisování odstraňuje právě lisování izostatické.

Výhody izostatického lisování[6]:

- 1/ Homogenní napjatost při izostatickém lisování ruší vrozenou anizotropii výlisků a nedovoluje rozvoj anizotropie deformační. Důsledek je v izotropii mechanických vlastností /homogenita objemové hmotnosti v celém objemu výlisku, ve všech směrech stejná pevnost při smrštění po slinování/.
- 2/ Umožňuje při stejné velikosti měrného tlaku dosahovat poněkud vyšší objemové hmotnosti oproti klasickému lisování.
- 3/ Homogenní rozdělení pórů v celém výlisku, redukuje možnost výskytu vnitřních prutů, čímž přispívá k dosažení

větších pevností.

4/ Lze jím lisovat takové tvary výlisků, které není možné jiným způsobem vyrobit,

5/ Lze dosáhnout kvalitních výlisků prakticky pro libovolný poměr délky výlisku k jeho průměru.

6/ Je aplikovatelné prakticky na všechny typy práškových materiálů.

7/ Umožňuje zpracování i nejtvrděších práškových materiálů, při čemž náklady na formu a její opotřebení jsou minimální.

8/ Má minimální nároky na plastifikaci zpracovávaných materiálů.

9/ Dává předpoklady nejen pro dosažení výborných mechanických vlastností, ale také elektrických, případně dalších speciálních vlastností finálního výrobku.

Tato technologie má ovšem také své nevýhody.

1/ Vyšší výrobní náklady oproti klasickému lisování, které plynou z nutnosti dodatečného obrábění finálního povrchu výlisku.

2/ Poměrně nízká produktivita práce .

3/ Omezené možnosti automatizace výroby.

/ Pod 2/ a 3/ se týká pouze lisování v mokré formě./

4/ Vysoké technické nároky i náklady na výrobní zařízení.

Existují dva základní způsoby izostatického lisování plus způsob, který slučuje výhody lisování izostatického a výhody lisování klasického /jednodušší strojní zařízení, menší časová náročnost/ tak zvané kvaziizostatické lisování. Tento způsob bude podrobněji probrán v kapitole 3.2.4.

Prvním ze základních způsobů izostatického lisování

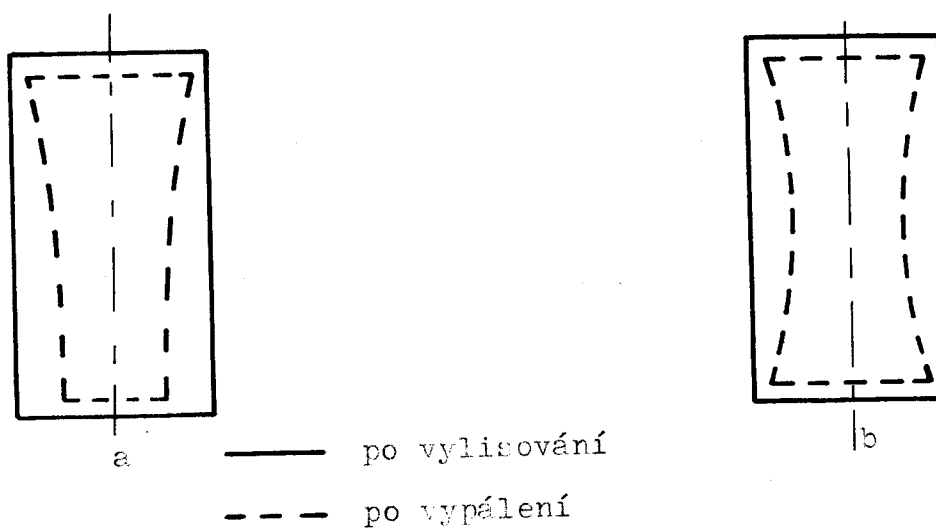
je lisování v mokré formě. V tomto případě je celá forma, jenž je uzavřena pryžovou zátkou s " o " kroužkem ponořena v tlakové kapalině a tlak působí skutečně všesměrně - obr.2[6]. Nevýhodou tohoto postupu je to, že jeho zautomatizování je obtížnější než u druhého základního způsobu a tím je izostatické lisování v suché formě /někdy též pseudoizostatické/. Pryžová forma je stabilně upevněna v tlakové koroře, ale zde již nedochází k čistému všesměrnému lisování, nýbrž převažuje zhutňování radiální - viz obr.3 /u vyšších rotačně souměrných výrobků/ nebo axiální - viz obr.4[6] /u plochých výrobků/. Tento způsob se dá dobře automatizovat.

Izostatickým lisováním je možno získat výlisky rovnoměrně hutné bez ohledu na poměr výšky k průřezu. K dosažení stejné objemové hmotnosti ve srovnání s lisováním v kovové rastroji stačí <sup>tlak</sup>  $\gamma$  dva až třikrát menší [1]. Díky homogenitě prolisování je zaručena dostatečná pevnost výlísků. Vlivem nerovnoměrné hutnosti před vlastním lisováním / po naplnění formy / dostávají se výlisek kositřbatý - obr. 5. Ovšem, odstraníme-li tyto nerovnosti povrchu ostřílním nebo broušením, výlisek si zachová požadovaný tvar i po výpalu.

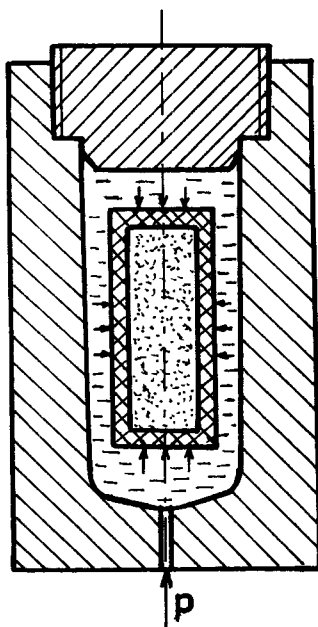
Způsob izostatického lisování v suché formě užití i pro řešení této diplomové práce.

### 2.3. Zdůvodnění výhodnosti předlisování prášku $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [7].

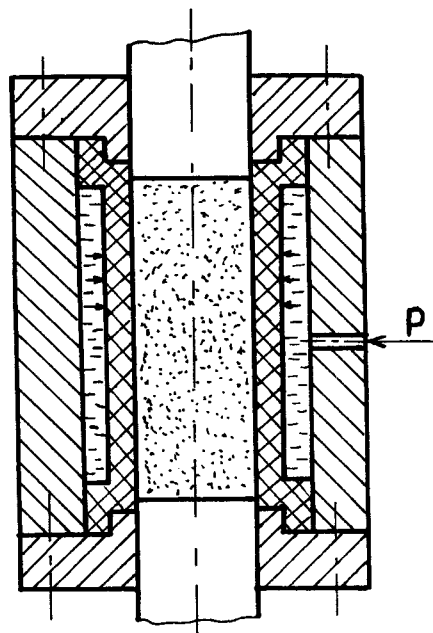
Prášek  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> má oproti prášku  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> horší tokové vlastnosti. To přináší potíže při plnění lisovacích forem tímto práškem.



obr. 1 a, b

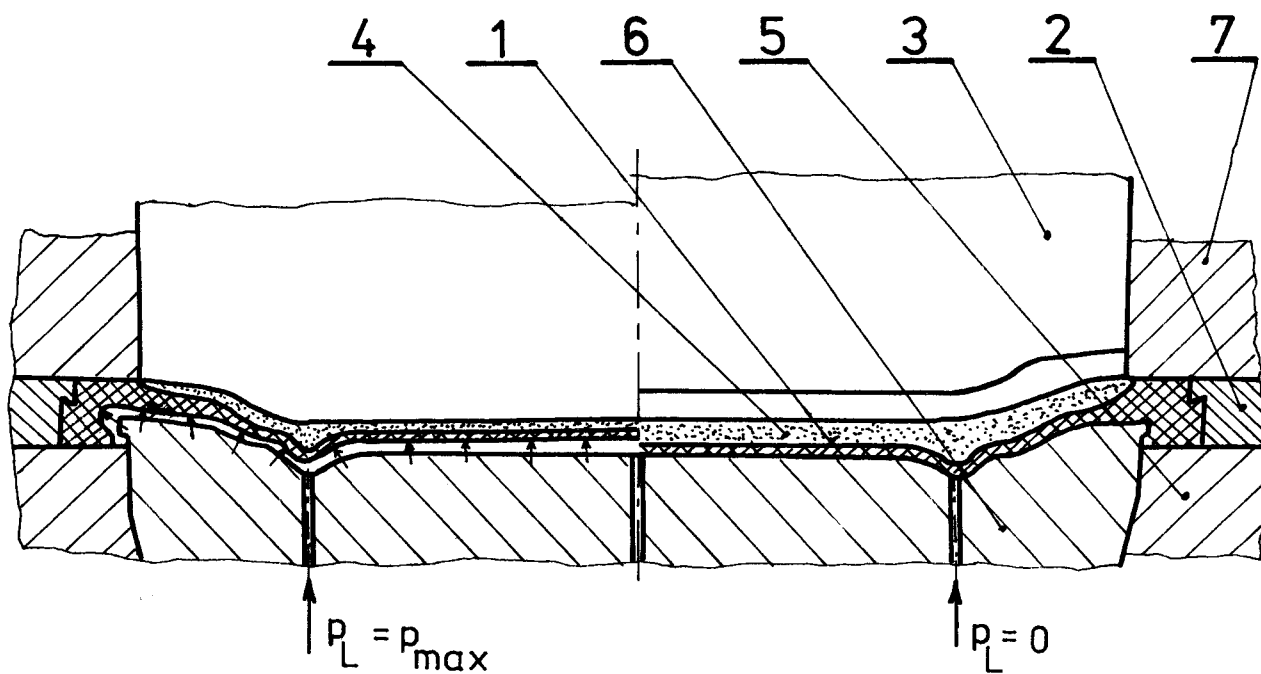


obr. 2



obr. 3

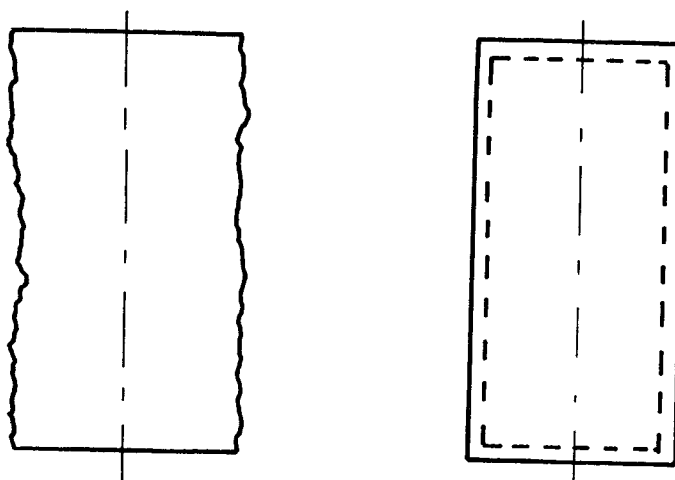
p ... lisovací  
tlak



- |                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 1 .... pružná tvarová membrána | 5 .... rám |
| 2 .... těleso                  | 6 .... dno |
| 3 .... razník                  | 7 .... rám |
| 4 .... prášek                  |            |

obr. 4

- ~~~~~ po vylisování  
 ————— po obrobení  
 - - - - - po výpalu



obr. 5

Dále pro prášky volně zkalcinované na různý měrný povrch vznikají rozdíly v obtížnosti snímání vylisovaných trubíc z trnu. Toto svědčí o rozdílech v adhezi mezi trubicí a trnem pro různý měrný povrch prášků na nějž byly zkalcinovány. Obecně pro prášky se zvětšujícím se měrným povrchem / od 5 do 35 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> / se adheze a obtíže při snímání snižuje. Pro větší povrchy silně vzrůstá adheze mezi trubicí a pryžovou formou, což znesnadňuje vyjímání trubíc po odlisování z forem. Po aplikování předlisu prášku  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a jeho následném rozdrčení a prosítování / souhrně granulaci / se dominantním způsobem ovlivnily vlastnosti kalcinátu  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> získaného z granulátu  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

1/ Výrazně se zlepšily sypné vlastnosti granulátu, byl do značné míry eliminován vliv měrného povrchu a vzhledem k tomu, že pro sypné vlastnosti granulátů  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> po kalcinaci je určující terciální agregace, lze předpokládat, že sypné vlastnosti granulátů budou méně citlivé na změny v režimu kalcinace, případně kvalitativní rozdíly výchozího prášku  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

2/ Granulát umožnil podstatnou měrou zkrátit dobu plnění za stejných parametrů vibrací. Až desetkrát [6].

3/ Byly eliminovány obtíže při snímání výlisku z trnu, neboť při nezhoršené pevnosti výlisků se snížila jejich adheze na trn.

4/ Podmínky při broušení jsou srovnatelné s broušením trubíc u volných prášků.

5/ Smrštění po výpalu má srovnatelné hodnoty s volnými prášky a činilo 22,5 - 22,75%.

6/ Struktura vypáleného střepu je srovnatelná se strukturou střepu z volného prášku, avšak při větší četnosti nehomogenit a vměstků, což dokumentuje dosažená celková světelná propustnost 80 - 85%. Zhoršenou kvalitu střepu vypálených trubíc lze spojovat mimo jiné s nevhodnou zrnitostí granulátu, při čemž možnosti optimalizace jeho vlastností lze považovat za reálné.

Kromě uvedených přímých technologických důsledků použití granulátu, je nutné připomenout také nepřímé, avšak neméně důležité.

7/ Sypná objemová hmotnost granulovaného prášku  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  je o cca 150% větší než u volně sypaného / 450 kg  $\text{m}^{-3}$  u granulátu oproti 160 - 180 kg  $\text{m}^{-3}$  u volně sypaného/ a dává předpoklad k minimálně dvojnásobnému prosazní kalcinační pece. V této souvislosti je nutné připomenout, že vzhledem k nižší pórovitosti násypu granulátů bude nutné upravit kalcinační režimy, avšak přesto lze očekávat značnou energetickou úsporu, to jest spotřebované množství energie na 1 kg kalcinátu se sníží úpravou prášku na granulát.

8/ Menší prašnost granulátu dává předpoklad k zlevnění hygieny práce.

Z uvedených bodů vyplývá, jak významnou měrou se do vlastností kalcinátu promítla úprava výchozího prášku granulací. U granulovaných kalcinátů se výrazně zlepšily sypné vlastnosti, aniž by došlo ke snížení pevnosti výlisků, což výrazně zlepšilo podmínky zpracovatelnosti kalcinátů v mechanických operacích technologie. Malé zhoršení kvality vypálených trubíc není trvalé, a tak předpoklad k jejímu



zlepšení je v souvislosti s optimalizací podmínek přípravy granulátu reálný. K výhodám granulátu patří i zvýšená objemová hustota, čímž se ušetří značné množství energie při kalcinaci a značně omezená prašnost granulátu.

Z těchto důvodů se úprava  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  granulací před kalcinací jeví jak z hlediska energetické spotřeby, tak z hlediska hygieny pracovního prostředí jako perspektivní.

Granulát  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  lze získat [6]:

a/ Pokrou cestou s rozprachovým sušením - toto vede ke značnému snížení chybových pevností výlisků, což je v řadě případů při izostatickém lisování/ s ohledem na nutnost dodatečného obrábění/ nepřijatelné.

b/ Předlisováním  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  nízkým tlakem okolo 10 MPa na izostatickém lisu a výlisky rozdrtit na granulát, který by prošel sítím o velikosti oka 1 mm a v tomto stavu kalcinovat na  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Návrh zařízení umožňující automatické předlisování prášku  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  je tématem této diplomové práce.

#### 2.4. Výchozí požadavky kladené na zařízení.

- naplnění plnicího zařízení práškem
- uzavření zásobníku / násypky /
- přemístění plnicího zařízení nad formu nebo naopak formu pod plnicí zařízení
- plnění formy práškem
- zpětný pohyb plnicího zařízení
- uzavření formy
- vlastní izostatické lisování
- vyjmutí výlisku z formy

- transport výlisku do zásobního kontejneru

Celý pracovní cyklus musí probíhat automaticky.

### 3. A l t e r m a t i v y   ř e š e n í   i z o s t a t i c - k é h o   l i s u .

Jednotlivé alternativy řešení izostatického lisu byly navrhovány tak, aby splňovaly dříve uvedené požadavky a liší se uspořádáním a způsobem konstrukčního řešení.

#### 3.1. Pracovní cyklus izostatického lisu.

Prášek  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  je připraven v zásobníku. Pomocí plnicího zařízení dojde k otevření násypky naplnění formy práškem a uzavření násypky. Po tomto se dá do pohybu beran lisu, který pomocí razníku uzavře formu. Po těsném uzavření formy začíná tlakování, čili vlastní izostatické lisování. Dosáhne-li se potřebného tlaku začne opačný pochod čili odtlakování. Za nulového přetlaku se razník opatřený trnem dá do pohybu nahoru a vynáší z formy výlisek, který ulpívá na trnu. Než dojde do horní polohy, přijíždí pod výlisek skluz. Je-li razník v horní poloze je malým vertikálním posuvem trnu vůči razníku sesmekrut výlisek a padá na připravený skluz a pomocí něj až do zásobního kontejneru výlisků.

/ Nevadí při tom jestli se pádem rozbije./ Skluz pak odjíždí zpět do výchozí polohy a pochod se opakuje.

Tento pracovní cyklus je znázorněn v pracovním diagramu - obr.6, který zachycuje jednotlivé výkonné mechanismy a jejich časovou vazbu. Celková doba pracovního cyklu, vzhledem k velikosti formy a potřebnému množství prášku, které se má za směru zpracovat nesmí pře-

sáhnout 45 s.

| operace                 | čas /s/ |
|-------------------------|---------|
| plnění formy            | $t_1$   |
| uzavírání formy         | $t_2$   |
| tlakování a odtlačování | $t_3$   |
| vyjímání výlisku        | $t_4$   |
| plnění plnicího zař.    | $t_5$   |
| odnímání                | $t_6$   |

Celkový čas  $t_{\text{celk}} \leq t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 45 \text{ s}$

obr. 6

### 3. 2. Přehled navrhovaných alternativ řešení.

Pro návrh izostatického lisu se suchou formou se nabízejí tři základní konstrukční uspořádání.

#### 3. 2. 1. Karuselové uspořádání - obr. 7.

Na každém ze čtyř ramen otočného stolu je po jedné tlakové komoře s formou. Stůl 7 se otáčí krokově kolem hlavního sloupu lisu 1 pomocí mechanismu náhonu stolu / na př. maltézský kříž nebo vysouvací unášecí kolík /. Tlaková komora s formou 2 přijede pod násypku 6 . Ta se otevře a dojde k naplnění formy. Při dalším pootočení stolu se táž forma dostane do pozice, kde nedochází k žádné činnosti. Až při dalším pootočení tlaková komora s formou 2 přijede pod uzaví-

rací válec 8 , jehož pístnice je opatřena uzavíracím razníkem a vynášecím trnem. Razník uzavře formu a je otevřen pří-  
vod tlakové kapaliny do tlakové komory. Prášek je lisován.  
Po odlisování je výlisek vynášen na trnu a stůl 7 se začíná  
otáčet. V době, kdy je pod razníkem s výliskem volný prostor,  
je výlisek sesreknut a padá do připraveného kontejneru 5.  
Prázdná forma dojede do čtvrté pozice, kde se podobně jako  
v pozici 2 neprovádí žádná činnost. Tímto je jeden pracovní  
cyklus skončen.

### 3. 2. 2. Řadové uspořádání - obr.8 .

Rám celého stroje je uzavřený čtyřsloupový. Stůl lisa  
tvoří dolní příčník, na kterém je připevněna tlaková komora  
s formami. Hydraulické válce uzavírání a násypka jsou při-  
pevněny na příčníku horním. Fáze činnosti tohoto konstruk-  
čního řešení jsou následující:

Otočný dávkovač 8 , poháněný pomocí pastorku a ozubené-  
ho hřebenu hydraulickým válcem 10 , naplní formy, které s  
ním jsou propojeny trubka mi z plastické hmoty. 11 . Po na-  
plnění forem práškem se uvedou v činnost hydraulické válce  
5, jejichž pístnice jsou opatřeny razníky s vynášecími trny.  
Tyto razníky uzavřou formy. Jsou-li formy těsně uzavřeny při-  
vede se do tlakové komory 3 tlaková kapalina a probíhá izo-  
statické lisování. Je-li lisování skončeno písty hydraulic-  
kých válců 5 se pohybují nahoru a na trnech jsou vynášery  
výlisky z forem. Zároveň se přesouvá skluz 4 do funkční po-  
lohy. Pak posunem trnu vůči razníku je z něj výlisek sesrek-  
nut a padá na předsunutý skluz. Po skluzu výlisek sjede do  
zásobního kontejneru 7 . Dávkovač 8 se mezitím otočí tak,

že jeho komůrky jsou plněny práškem z násypky 2 . Skluz se odsouvá do zadní polohy. Po tomto úkonu může začít další cyklus.

### 3. 2. 3. Jednopolizicový lis - obr.9 .

Popis:

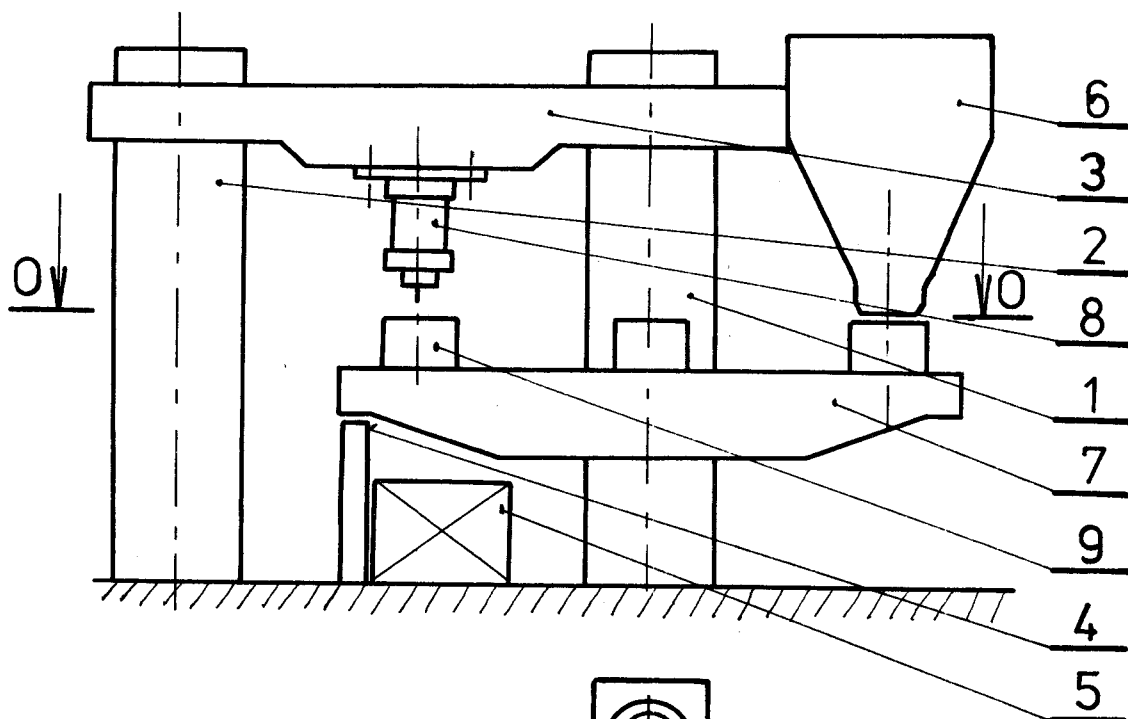
Vlastní izostatický lis 2 je připevněn na stůl otevřeného hydraulického lisu " C " 1 . Hydraulický válec 9 skluzu 5 je přišroubován na přední stěnu lisu. Na zvláštním svařeném rámu 6 je umístěn zavážecí vozík 4 , opatřený uzavíracím plechem a hydraulický válec 8 umožňuje manipulaci s vozíkem. Celý tento systém je též připevněn na stůl lisu. Násypka je pak přišroubována k boční stěně lisu.

Fáze činnosti:

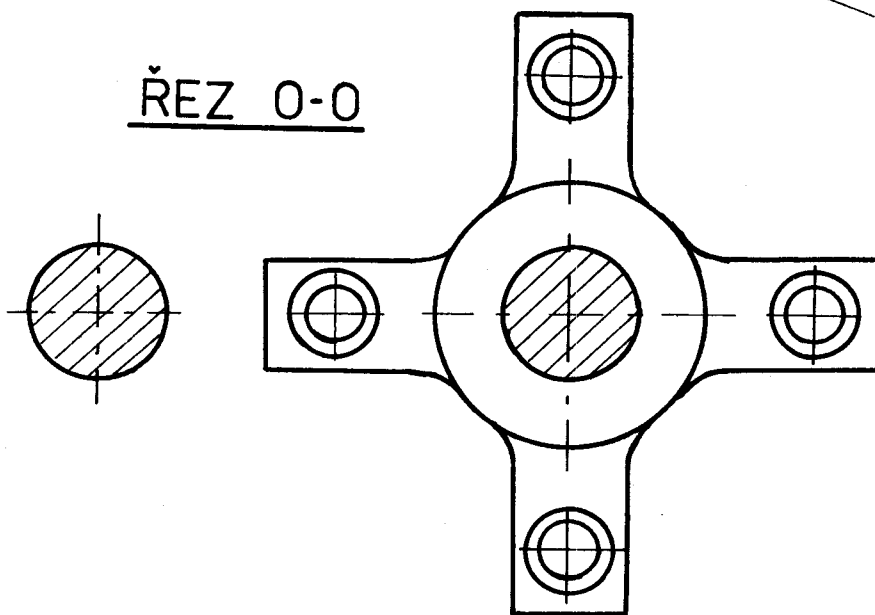
Naplněný zavážecí vozík 4 přijede nad formu a vypustí do ní prášek. Jakmile se začne vozík pohybovat směrem k formě, plech, který je k němu přivařen uzavírá výpustní otvor násypky 3 . Zavážecí vozík 4 se vrátí zpět a tím se uvede do činnosti hydraulický válec lisu, jehož píst je jako v předchozích případech opatřen razníkem a trnem 10 . Razník těsně uzavře formu. Do tlakové nádoby 2 je přivedena tlaková kapalina . Prášek se lisuje. Po odlisování je výlisek vynášen z formy na trnu. Předsouvá se skluz 5 . Posune-li se trn vůči razníku je z něj výlisek uvolněn a padá na připravený skluz a odtud do zásobního kontejneru. Skluz odjíždí a může začít další cyklus.

### 3. 2. 4. Lis kvaziizostatický - obr. 10, 11, 12.

Tato alternativa je poněkud odlišná od předchozích již svým principem, a proto je nutné nejprve pohovořit o princi-



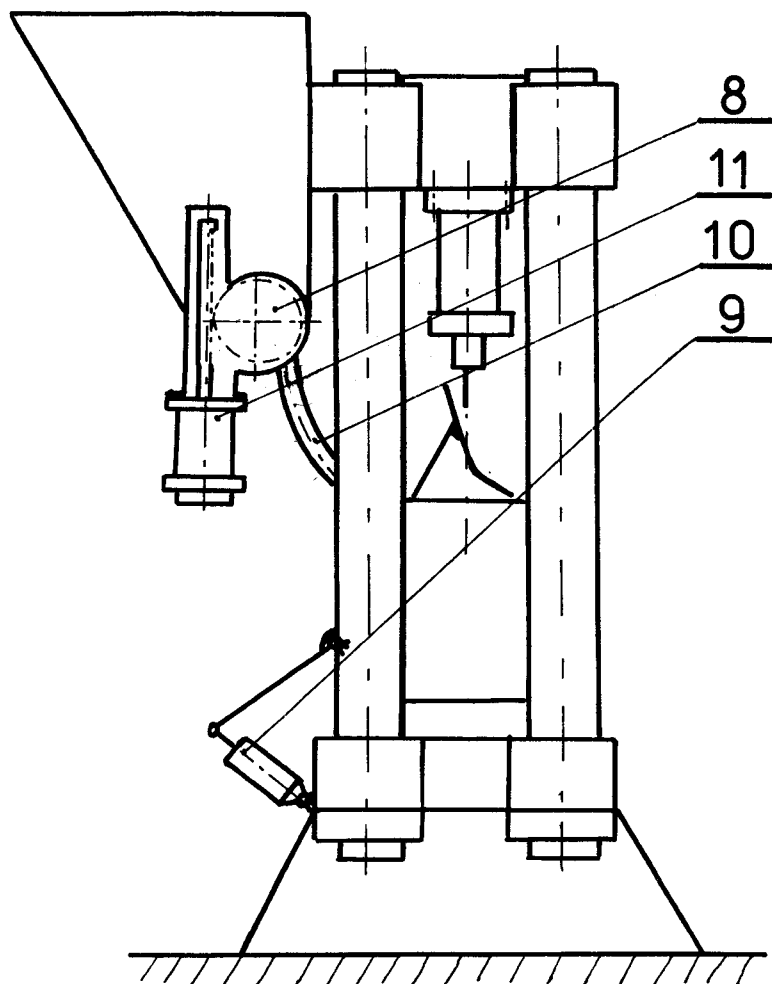
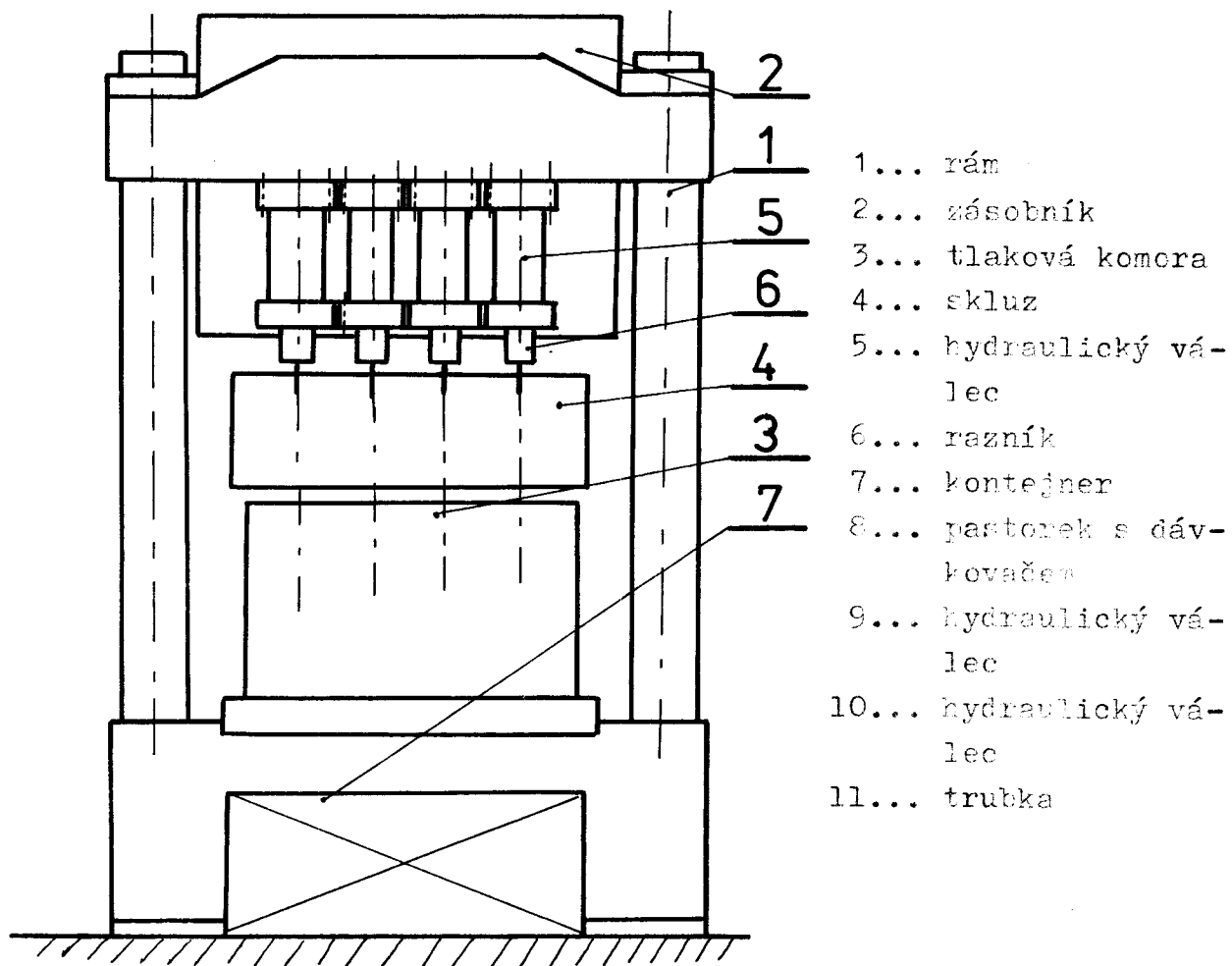
ŘEZ 0-0



- 1 ... centrální sloup
- 2 ... pomocný sloup
- 3 ... horní příčník
- 4 ... podpěrný kolík
- 5 ... kontejner

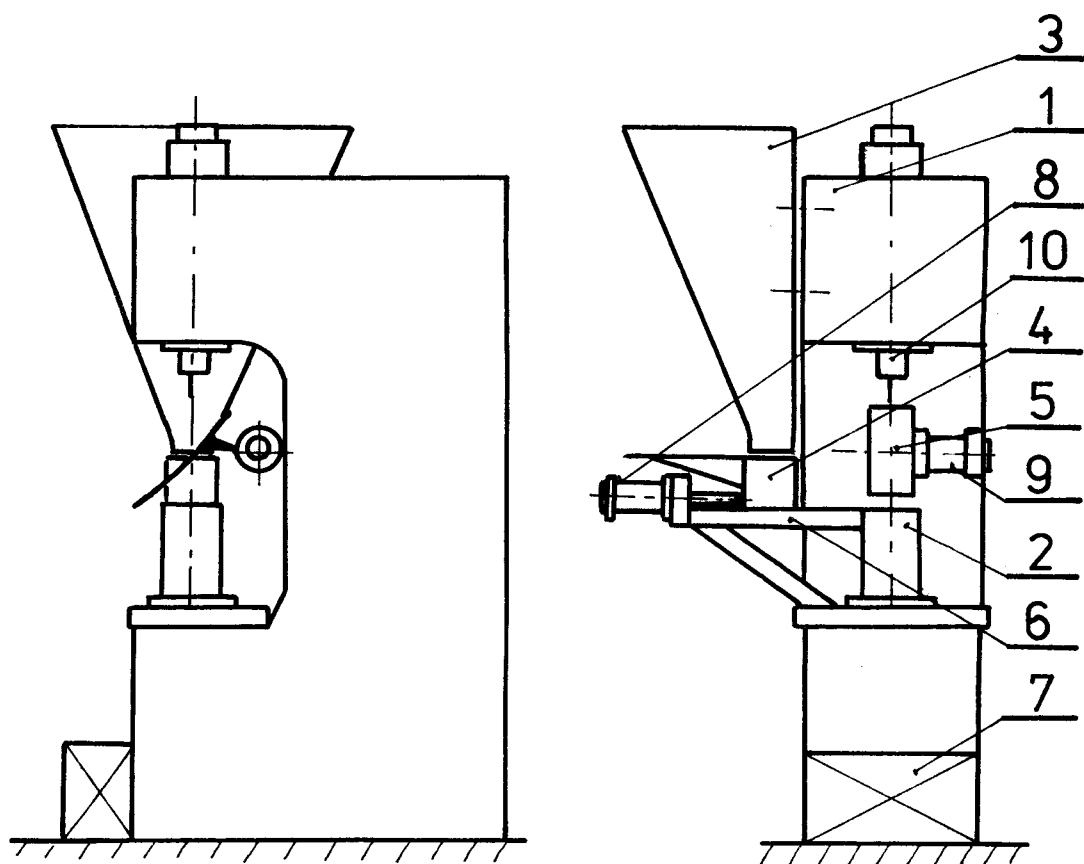
- 6 ... zásobník
- 7 ... stůl
- 8 ... hydraulický válec
- 9 ... tlaková komora

obr. 7



obr. 8





1... hydraulický lis  
2... tlaková komora  
3... zásobník  
4... zavážecí vozík  
5... skluz

6... rám  
7... kontejner  
8... hydraulický válec  
9... hydraulický válec  
10... razník

obr. 9

pu samotném.

Jak již bylo uvedeno v kapitole 2. 2. dostáváme při jednostranném / oboustranném / lisování různou homogenitu výlis-ku. Nedostatky těchto způsobů lisování odstraňuje lisování izostatické, ovšem tato technika vyžaduje speciální strojní zařízení a je časově náročnější než běžné lisování.

Některé speciální plastické hmoty / organogely / [8] se pod tlakem chovají jako kapaliny o vysoké viskozitě /kvazi - kapaliny/. Po odlehčení se vlastní pružností vracejí zpět do původního stavu. Bez porušení snesou stlačení o 60% původní výšky a bez trvalé deformace stlačení o 20% původní výšky. Z tohoto vyplývá, že můžeme nahradit speciální formu a kapaliny příslušící izostatickému lisování organogelem. Lisovaná hmota /keramický prášek/ bude i pak tvarována prakticky všestranným tlakem a to při použití pouze jednoho lisovacího razníku. Lisovací forma z organogelu přebírá jednosměrný tlak razníku lisovacího stroje, přenáší a rozvádí jej tak, že na prášek působí prakticky všestranný tlak. Základní vlastnosti plastické hmoty /organogelu/ :

- vytrikající pružnost
- odolnost proti abrazi
- malá trvalá deformace při opakovaném stlačování

V praxi se jako organogel používá vysoce ztuhlý PVC "SCIA-CHL - CS" /výrobce Rohoplast Praha/.

Vlastnosti:

- teplota tání 160 - 180 °C
- tvrdost 10° ShA dle ČSN 62 1404

- tažnost 300 -350%

-  $\sigma_{Pt}$  1,2 -1,4 MPa dle ČSN 62 1436

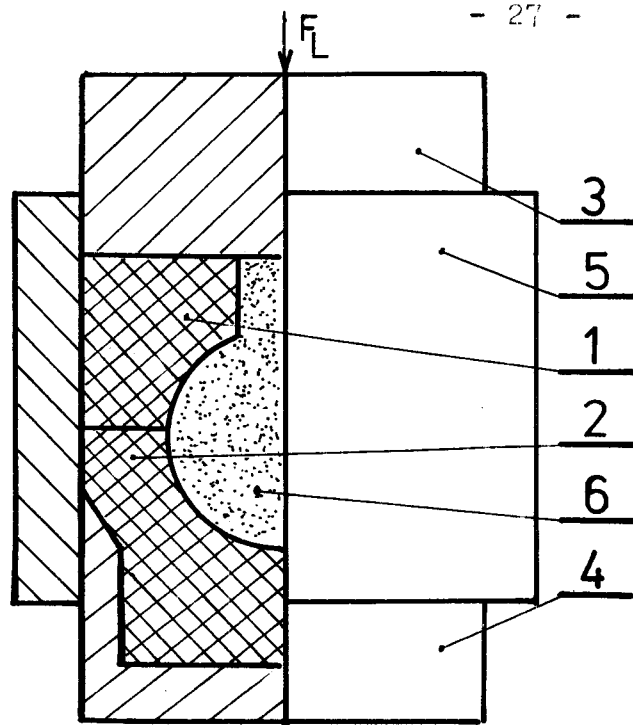
Termoplastický charakter vinylové pryže dovozuje až desetinásobnou regeneraci. Formy se připravují technikou beztlakového lití roztavené vinylové pryže, která umožňuje snadnou přípravu požadovaných tvarů.

Schéma lisovací formy pro dvojsměrné lisování koulí - obr.10. Minimální šířka pružného dílce má být v uvažované partii alespoň polovinou rozměru přilehlého násypného prostoru formy. Pro případ na obr. 10 se při zalisování jednosměrným tlakem spojitě deformovala horní pružná vložka formy, uzavřela násypný prostor a tím byl vymezen tvar výlisku.

Mechanická pevnost výlisku je závislá na kvalitě hmoty, podílu vlhkosti a lisovacím tlaku. Kvalita povrchu je poněkud horší než je běžné v lisařské praxi - závisí na velikosti granulí prášku.

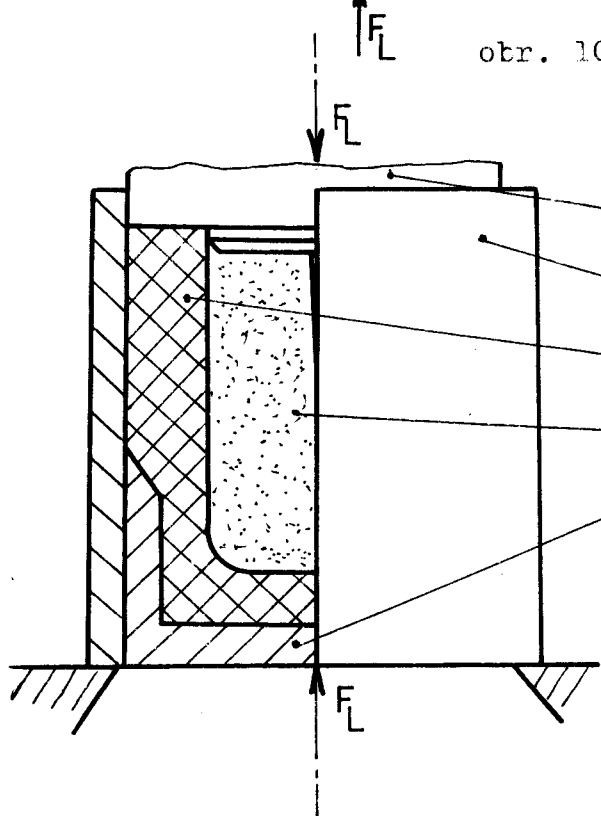
Zpočátku výzkumů kvaziizostatického lisování nebylo zřejmé, zda se tento způsob lisování dá použít v průmyslové výrobě. Pro některé nedostatky, konkrétně rozrušení výlisku elastickým materiálem /vliv adheze/ se uvažovalo pouze o laboratorním použití. V posledních letech se v GDR podařilo vymyslet takové technologie a materiály [10], které umožňují průmyslové využití kvaziizostatického lisování. Tímto způsobem se v současné době lisují výrobky nejrůznějších tvarů, na příklad koule, plné válce, duté válce, válce se slepou dírou a další.

Pro případ této diplomové práce by bylo nutno vyrobit formu na lisování plných válců - obr. 11 a 12.

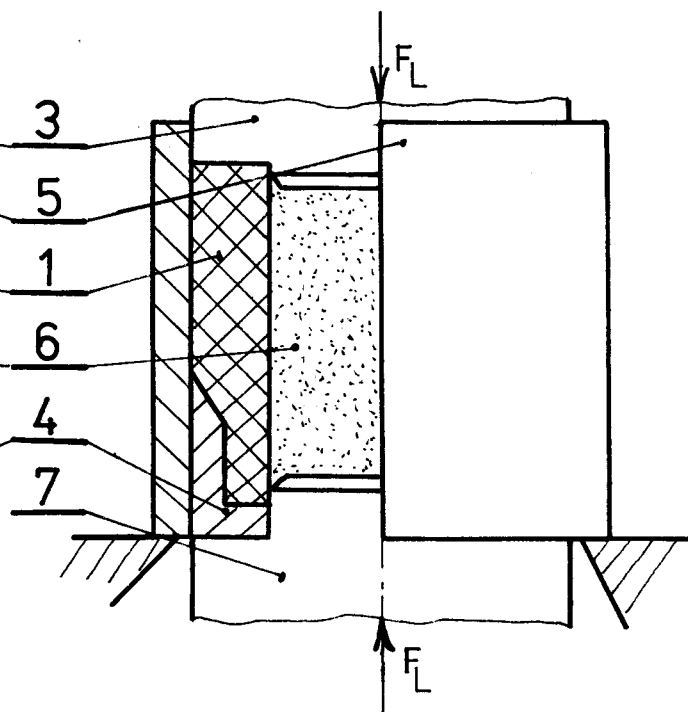


- 1... organogelová forma  
2... organogelová forma  
3... horní razník  
4... základna dolního razníku  
5... ocelový plášť  
6... prášek  
7... dolní razník  
 $F_L$ ... lisovací síla

obr. 10



obr. 11



obr. 12

Řešení na obr.11 je zřejmě prakticky nerealizovatelné, jelikož při pohybu horního razníku dolů se trn pohybuje týmž směrem, abude pronikat do částečně zhuštěného prášku. Tím by mohlo dojít k destrukci vylisku uvnitř formy.

Jiný možný způsob řešení se nabízí s průchozí formou obr.12. Oba razníky vyvozují lisovací tlak. Na spodním razníku pak zůstává vylisek, který z něj může být sňat na příklad mechanickým odnímačem anebo spodní razník po konstrukční úpravě může plnit funkci vyhazovače.

Pro lepší informaci ještě uvedu obecný výpočet minimální tloušťky organogelu pro dosažení potřebného zhutnění. Vycházíme ze sypného objemu formy  $V_{fo}$  pro klasické izostatické lisování. Tento je určen tvarem a rozměry formy. Dále spočteme objem vylisku  $V_v$ .

$$V_v = \frac{V_{fo} \cdot \rho_o}{\rho_v} \quad /m^3/$$

kde  $\rho_o$  ... sypná hmotnost  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$   $/kg \cdot m^3/$

$\rho_v$  ... objemová hmotnost vylisku z  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$   $/kg \cdot m^3/$

Nyní si můžeme spočítat průměr  $d$  vylisku po izostatickém lisování jako  $d = \sqrt{\frac{4 V_v}{\pi h_o}} /m/$ ,  $h_o = h_v /m/$

kde  $h_o$  ... výška formy  $/m/$

$h_v$  ... výška vylisku  $/m/$

Tento výsledek nebude zcela přesný, jelikož vylisek nebude mít přesně válcový tvar, ale vypočtený průměr  $d$  můžeme brát jako informativní hodnotu. Tento průměr nás, pokud v dalším výpočtu příliš zajímá. Abychom mohli určit tloušťku stěny organogelu je třeba spočítat průměr  $d_1$ , t.j. průměr vylisku po kvaziizostatickém lisování.

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 V_v}{\pi \cdot 0,8 h_0}} \quad |m|$$

kde  $0,8 h_0$  ... výška po max. přípustném stlačení organogelu, t.j. o 20% původní /sytné/ výšky.

uvažujeme-li ideální pružné vlastnosti organogelu, pak jeho objem před stlačením  $V_0$  a při maximálním stlačení  $V_1$  se zachová .

$$V_0 = V_1$$

$$V_0 = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D^2 - d_0^2}{4} \cdot h_0 \quad |m^3|$$

$$V_1 = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D^2 - d_1^2}{4} \cdot 0,8 h_0 \quad |m^3|$$

kde  $D$  ... vnější průměr formy  $|m|$

$d_0$  ... vnitřní průměr formy před lisováním  $|m|$

$d_1$  ... vnitřní průměr formy při max. tlaku = průměru výlisku  $|m|$

$$D = \frac{d - 0,8d}{0,2}$$

$$t = \frac{D - d}{2} \quad |m|$$

kde  $t$  ... tloušťka stěny formy

Tento výpočet byl proveden pro válcovou dutinu organogelové formy.

### 3. 3. Zhodnocení a výběr optimální varianty.

Jako hlavní kritéria při výběru nejvhodnější varianty byla brána jednoduchost konstrukce, dostupnost zařízení, na kterém je vlastní izostatický lis přimontován a splnění všech požadovaných úkolů. Výhody a nevýhody jednotlivých alternativ jsou rozebrány v následujícím textu.

U alternativy 3. 2. 1. /karuselové uspořádání/ odr.7 od padá plnicí zařízení formy, jelikož tlaková komora s formou najíždí pod násypku sara, a není třeba ani skluz, protože

výlisky padají rovnou do kontejneru. Bylo by třeba vyřešit uzavírání násypky v době, kdy pod ní nestojí tlaková komora. Výkon této alternativy by byl vyšší ve srovnání s ostatními pro stejný objem forem. Problémy bude činit centrální rozvod tlakové kapaliny. Navíc se bude muset konstrukčně zpracovat i pohon stolu. Z toho vyplývá, že celé toto zařízení by se muselo zvlášť vyrábět a to by vzhledem k práci, kterou má konat, nebylo ekonomické.

Alternativa 3. 2. 2. / řadové uspořádání / obr.8.

Koncepčně vychází z hydraulického lisu firmy Dorst /MSR/. Celá konstrukce lisu je jednodušší než v případě 3. 2. 1., ovšem lisy tohoto typu nejsou v ČSSR vyráběny, a tak by se celé zařízení opět muselo vyrábět kompletně od základu nebo situaci řešit dovozem z MSR, což je opět pro daný účel neekonomické. Vyšší počet uzavíracích válců a forem sice zvýší výrobnost zařízení, ale stoupnou též náklady a to je další faktor, který hovoří proti této variantě.

Alternativa 3. 2. 3. /jednopolicové uspořádání/ obr.9.

Pro účel, které má zařízení plnit je toto konstrukční uspořádání plně postačující.

1/ Ze všech dosavad uvedených má nejjednodušší konstrukci.

2/ I s nepříliš velkou formou zpracuje požadované množství prášku za směru.

3/ Hydraulický lis, na kterém je namontován lis izostatický a pomocná zařízení se pro požadovanou sílu na píst, vyrábí seriově. Z toho vyplývá, že celé zařízení vyjde cenově nejlevněji.

Alternativa 3. 2. 4. /kvaziizostatický lis/ obr.10,12.

Plastická hmota organogel s ocelovým pláštěm formy nahrazují tlakovou komoru a kapalinu při normálním izostatickém lisování.

Razník hydraulického lisu uzavírá formu a zároveň vyvozuje potřebný lisovací tlak.

Větší výrobnost oproti izostatickému lisu.

Cdpadá cdtěsnění kapaliny.

Značně levnější oproti izostatickému lisu.

Vyjímání nelze provádět na trn, ale např. pomocí vyhazovače a odnímače.

Nepříjemný vliv adheze prášku na stěnu formy.

Poměrně mladá technologie, a proto nejsou tak velké zkušenosti.

Největší nevýhodou pro náš případ je nutnost velké tloušťky stěny formy, abychom dostali potřebné zhutnění při povoleném stlačení o 20%  $h_0$ , protože prášek  $\gamma$ - $Al_2O_3$  má velkou specifickou hmotnost.

Tato varianta přes své značné výhody, přesto nebyla zvolena, a to hlavně pro poslední nedostatek a již zmíněné malé praktické zkušenosti.

Porovnáním jednotlivých variant bylo rozhodnuto použít pro další konstrukční zpracování alternativu 3. 2. 3.



#### 4. Konstrukce izostatického lisu a přídavných zařízení.

##### 4. 1. Projektový návrh zařízení.

Uspořádání jednotlivých výkonných mechanismů zařízení je znázorněno na obrázku 13.

Tvoří ho:

- hydraulický lis
- izostatický lis
- plnicí vozík
- skluz
- zásobník prášku
- zásobník výlisků
- hydraulický válec pohonu vozíku

Hydraulický lis tvoří základní rám celému zařízení a zároveň na pístnici je připevněn razník s vynášecím trnem. Jak už bylo uvedeno v předchozí kapitole, konstruovat nový hydraulický lis by bylo neekonomické, a proto bylo rozhodnuto použít některý stávající hydraulický lis československé výroby. Pochůzel sortiment hydraulických lisů vyvozujících sílu okolo 100 kN je podle katalogu velice úzký a prakticky žádný. Přesto byly vybrány dva lisy, které na první pohled splňovaly požadavky na ně kladené. A to hydraulický lis CDM 80 a CDM 10 /výrobce Slkestroj Turnov k.p./. Při bližším prozkoumání bylo však zjištěno, že lis CDM 10 se již nevyrábí a CDM 80 nevyhovuje zejména pro malý zdvih.

Po konzultaci se soudruhy z k.p. Sklostroj Turnov, mi byl zapůjčen materiál od firmy VEB Werkzeugmaschinen Zeulendra v DDR, která vyrábí hydraulické lisы různých typů. Vybral jsem lis FYE 10 N, který vyhovoval všem požadavkům na něj kladeným.

Izostatický lis se skládá z tlakové nádoby, dále z pryžové formy, pryžové matrice a z perforovaného plechového koše. Forma je zajištěna proti vytažení kroužky a ty jsou k ní přitlačeny středěným víkem, které je přišroubováno na tlakovou nádobu. Tlaková kapalina je přiváděna vysokotlakou hadicí o světlosti 10 mm a pomocí šroubení do prostoru tlakové nádoby.

Plnicí vozík zajišťuje plnění formy práškem a pomocí plechu, uzavírání násypky.

Skluz plní funkci dopravy výlisků do kontejneru.

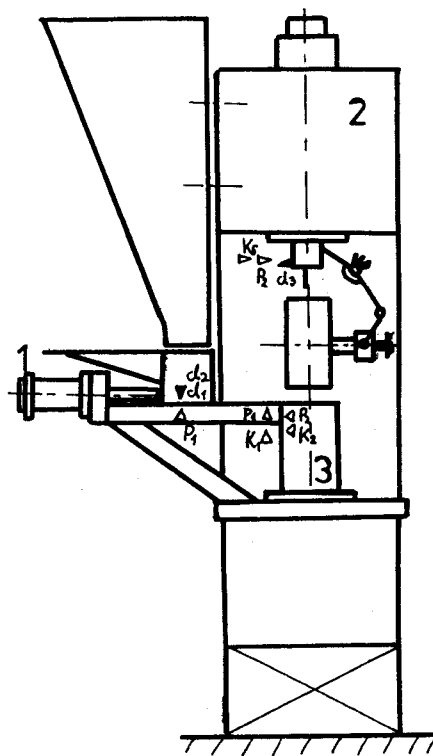
Hydraulický válec umožňuje pohyb plnicího vozíku v prostoru pod násypkou nad formu a zpět.

#### 4. 1. 1. Rozbor pracovního cyklu.

Pracovní cyklus zařízení je znázorněn obrázkem 14. Na tomto obrázku jsou průběhy zdvihu válců, průběh tlaku v tlakové komoře a jejich časová posloupnost. Dále jsou na obr. 13 i 14 schematicky znázorněny jednotlivé koncové spínače, pomocí nichž je řízena činnost rozvaděčů jednotlivých válců a tlakové komory, a dorazy, které koncové spínače ovládají.

Pracovní cyklus celého zařízení je následující:

Po spuštění elektrického ovládacího okruhu, který ještě bude popsán v kapitole 4. 1. 3., hydraulický válec 1 začne přibližovat plnicí vozík k formě. Při pohybu vozíku nad formou



obr. 13

1... hydraulický válec

2... hydraulický válec

3... tlaková korona

$K_1$ ...koncový spínač válce 1  
/válec 2 dolů/

$K_2$ ...koncový spínač válce 2  
/tlakování/

$K_5$ ...koncový spínač válce 2  
/nový cyklus/

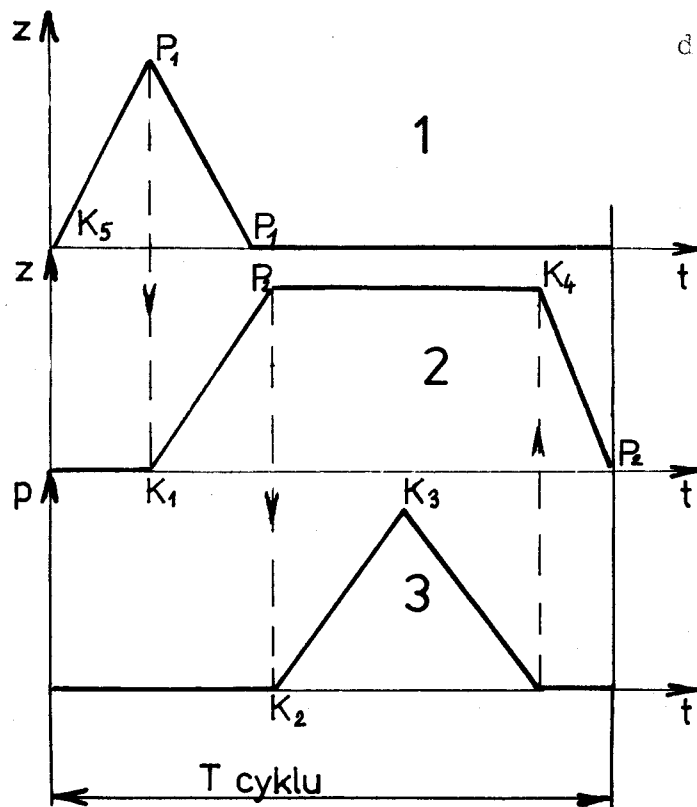
$P_1$ ...přepínač válce 1

$P_2$ ...přepínač válce 2

$d_1$ ...doraz

$d_2$ ...doraz

$d_3$ ...doraz



$z$ ... zdvih hydraulických  
válnů /m/

$p$ ... tlak /Mpa/

$t$ ... čas /s/

$T$ ... čas jednoho cyklu  
/perioda/

obr. 14

z něj padá prášek a plní ji. V zadní poloze se přepne přepínač P1, tím se vozík uvede do zpětného pohybu a koncový spínač K1, čímž se přivede do činnosti válec 2 /PVE 10 N/. Na pístnici tohoto válce je připevněn razník. Píst válce 2 se pohybuje dolů a pomocí razníku uzavře naplněnou formu. V dolní poloze přepne přepínač P2, čímž je píst válce 2 v této poloze blokován a koncový spínač K2, který umožní přivedení tlakové kapaliny do tlakové komory 3 izostatického lisu. Probíhá lisování prášku. Tlak kapaliny je sledován kontaktním manometrem MK, který při dosažení požadovaného tlaku 12 MPa sepne spínač K3 a tlaková kapalina začne odtékat zpět do nádrže. Je-li v tlakové komoře nulový přetlak kontaktní manometr MK spíná spínač K4, který umožní zpětný pohyb pístu válce 2. Na trnu, který je součástí pístnice je vynášen výlisek z formy. Je-li dolní konec výlisku v dostatečné výšce nad tlakovou komorou 3 uvádí se do pohybu skluz. Je ovládán mechanicky v závislosti na pohybu razníku nahoru a na zpět je vrácen pružinou. V okamžiku, kdy se horní konec razníku dotkne čela válce je skluz již ve funkční poloze. Pístnice pak ještě pokračuje cca 5 mm v pohybu a to umožní sejmutí výlisku z trnu. /Trn se pohybuje s pístnicí - zasouvá a razník stojí./ Výlisek pak padá na předsunutý skluz, z něj na pevný skluz a odtud do zásobního kontejneru nebo na dopravník, který ho odváží k dalšímu zpracování. Pohyb pístu válce 2 je zastaven přepínačem P2. Nový cyklus začne buď opět ručním spuštěním ovládacího obvodu nebo koncovým spínačem K5, který je ovládán od válce 2 a vykoná totéž. Jelikož skluz stojí nad formou a plníci vozík tam přijíždí

s novou zavázkou, je skluz konstruován tak, že si ho vozík sám odstrčí aniž by razník musel popojet dopředu.

#### 4. 1. 2. Řešení pracovního obvodu.

Navrhovaný pracovní obvod je tvořen okruhem vysokotlakým, který realizuje operaci vlastního izostatického lisování a okruhem nízkotlakým, který realizuje zbývající operace pracovního cyklu.

##### Vysokotlaký okruh:

Jako zdroj tlaku pro tento okruh je použito hydraulického agregátu lisu PYE 10 N. Je nanejvýš pravděpodobné, že hydraulický agregát lisů této řady je schopen vyvodit tlak vyšší jak 20 MPa. Proto dále neuvažují se zvláštním hydraulickým agregátem pro pohon izostatického lisu. Do obvodu se pouze zařadí příslušný redukční ventil s regulací, který dovolí v tlakové komoře užití špičkového tlaku 12 MPa. Průběh nárůstu a poklesu tlaku není nijak řízen, jelikož to z hlediska dalšího upotřebení výlisku není nutné. Funkci otvírání a zavírání přívodu tlakové kapaliny plní dvoupolohový třicestný rozvaděč R3 ovládaný do jedné polohy elektroragmeticky a zpět pružinou. Součástí vysokotlakého okruhu je ještě kontaktní manometr MK / výrobce Chirana, závoďy zdrav.techniky o.p. Staré Turá /.

##### Nízkotlaký okruh:

Návrh nízkotlakého okruhu vycházel ze závislosti operací, které jsou předepsány pracovním postupem. Při řešení byl pracovní cyklus rozdělen na elementární pohyby pracovních válců, které již byly popsány v kapitole 4. 1. 1. Ještě jednou uvedu jejich pořadí.

- 1/ píst válce plnicího vozíku vpravo
- 2/ píst válce plnicího vozíku zpět a zároveň píst válce hydraulického lisu PYE 10 N dolů
- 3/ izosta tické lisování
- 4/ odtlakování
- 5/ píst hydraulického lisu nahoru

Reverzace a blokování pohybů každého válce je řešena užitím čtyřcestného třípolohového rozvaděče R, který na obr. 15 v poloze 0 blokuje pohyb pístu válce V. Při přestavení rozvaděče R do polohy 1 se píst pohybuje nahoru, při přestavení do polohy 2 pak dolů. Časový průběh zdvihu válců obr. 14 je řízen škrcením proudu na výtoku pomocí ventilů VS. Zde musím ještě poznamenat, že u hydraulického lisu PYE 10 N nejsou známy ovládací prvky / rozvaděč / ani prvky k řízení časového průběhu /škrtící ventily /, proto je budu předpokládat stejné jako u válce 1.

K řízení činnosti nízkotlakého hydraulického okruhu byl navržen elektrický impulsový řídicí systém s časově pružnou vazbou, to znamená, že podmínkou pokračování cyklu je dokončení předchozího pohybu. Podle obr. 15 se válec V začne pohybovat dolů až po sepnutí koncového spínače F1 se samočinným návratem /např. dorazem na pístnici válce uskutečňujícího předchozí operaci/, který uzavře okruh elektromagnetu E1 a zajistí tak přestavení rozvaděče R do polohy 1. V dolní poloze válec V dorazem přepne přepínač 1 a rozpojí okruh elektromagnetu E1, rozvaděč R se přestaví do polohy 0 a válec V je blokován v dolní poloze až do okamžiku sepnutí koncového spínače F2.

Sestavování ovládacího okruhu obr. 16, bylo prováděno na základě principu ovládání z obr. 15. V tomto prvotním schematu ovládacího okruhu byla také předběžně navržena návaznost činnosti nízkotlakého a vysokotlakého okruhu. Aplikace uvedeného zapojení ovládacího obvodu, která by byla provedena bez jakékoli úpravy, je zcela jednoznačně nevyhovující, a proto je nutné elektrický ovládací obvod zdokonalit.

Kmitání válce plnicího vozíku 1 mezi krajními polohami, ke kterému by nutně v daném případě došlo, bylo odstraněno užitím spínacího relé Re1 obr. 17.

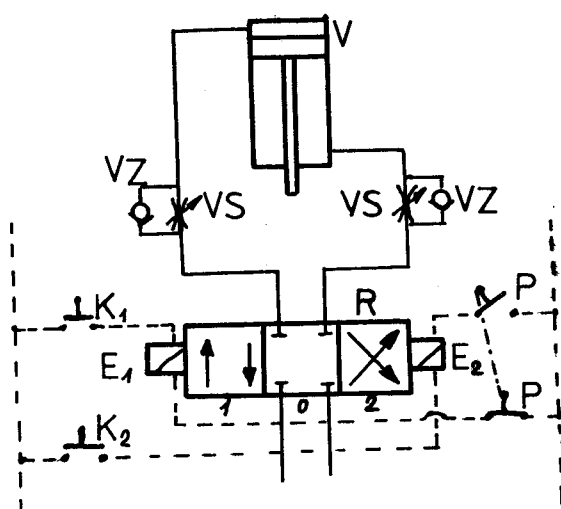
Správná funkce válce uzavírání 2 byla vyřešena opět zapojením spínacího relé Re2 v okruhu elektromagnetu E21 a zapojením relé se zpožděným přitahem Re4 v obvodu elektromagnetu E22 obr. 18.

Konečně ovládací obvod tlakové komory jež řídí počátek a konec tlakování musí být doplněn o spínací relé Re3 obr. 19.

Na základě schemat /obr. 16- 19 / byl sestaven elektrický ovládací okruh, který je popsán liniovým schematem obr. 20.

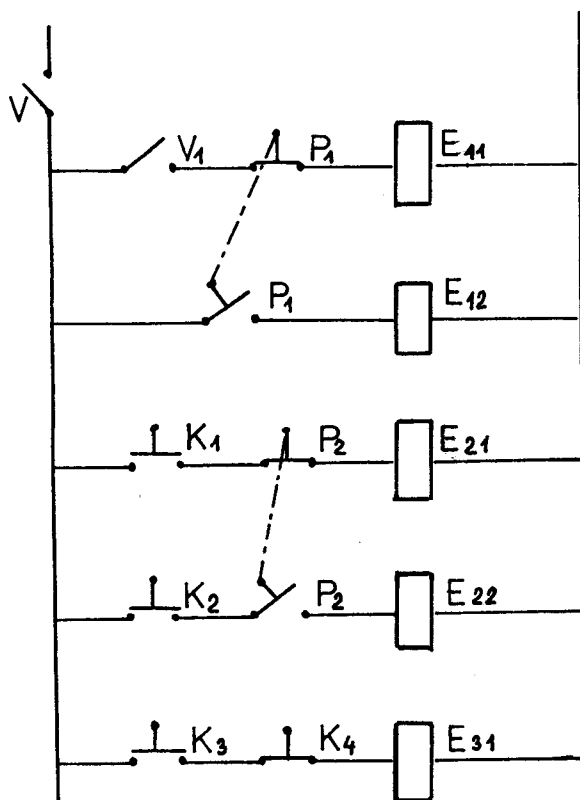
Hydraulický výkonný okruh, který je popsán schematem na obr. 21, byl sestaven podle požadovaných funkcí, které má plnit. Dále se vycházelo ze skutečnosti, že uzavírání forem se bude provádět pomocí válce hydraulického lisu IYE 10 N a tlakovou kapalinu k pohonu ostatních hydraulických prvků / včetně tlakové komory /, bude dodávat hydraulický agregát již výše zmíněného lisu.

Rozměry válce 1 - plnicího vozíku:



V... válec  
 VS...škrťací ventil  
 VZ...blokovací ventil  
 R... rozvaděč  
 E<sub>1,2</sub>...elektromagnety  
 K<sub>1,2</sub>...koncové spínače  
 P... přepínač

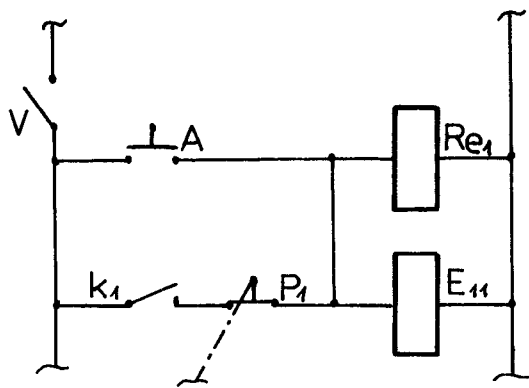
obr. 15



V... hlavní vypínač  
 V<sub>1</sub>...vypínač "start-stop"  
 P<sub>1</sub>...přepínač dávkovače  
 P<sub>2</sub>...přepínač uzavírání  
 K<sub>1</sub>...koncový spínač /uzavřít/  
 K<sub>2</sub>...koncový spínač /otevřít/  
 K<sub>3</sub>...koncový spínač /tlakování/  
 K<sub>4</sub>...koncový spínač /odtlakování/  
 E<sub>11</sub>...elomagnet rozvaděče 1  
 /pohyb vpřed/  
 E<sub>12</sub>...elomagnet rozvaděče 1  
 /pohyb vzad/  
 E<sub>21</sub>...elomagnet rozvaděče 2  
 /pohyb dolů/  
 E<sub>22</sub>...elomagnet rozvaděče 2  
 /pohyb nahoru/  
 E<sub>31</sub>...elomagnet rozvaděče 3  
 /tlakování/

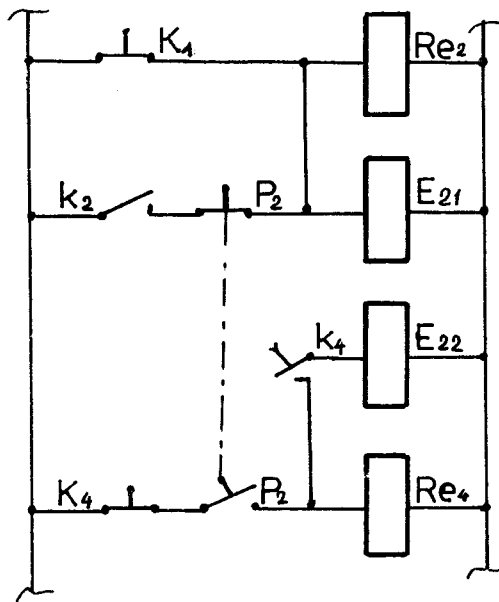
obr. 16





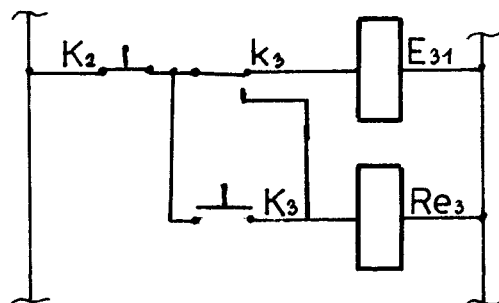
obr. 17

V... hlavní vypínač  
A... ruční tlačítko  
P<sub>1</sub>...přepínač  
Re<sub>1</sub>...spínací relé  
k<sub>1</sub>...kontakt relé  
E<sub>11</sub>...elektromagnet



obr. 18

K<sub>1</sub>...koncový spínač /uzavírání/  
K<sub>4</sub>...koncový spínač /otevírání/  
P<sub>2</sub>...přepínač válce 2  
Re<sub>2</sub>...spínací relé  
k<sub>2</sub>...kontakt spínacího relé  
Re<sub>4</sub>...relé se zpožděným přitahem  
k<sub>4</sub>...kontakt relé Re<sub>4</sub>  
E<sub>21</sub>...elektromagnet /uzavírání/  
E<sub>22</sub>...elektromagnet /otevírání/



obr. 19

K<sub>2</sub>...koncový spínač /tlakování/  
K<sub>3</sub>...koncový spínač /odtlakování/  
Re<sub>3</sub>... spínací relé  
k<sub>3</sub>...kontakt relé  
E<sub>31</sub>...elektromagnet /tlakování/

Průměr válce je volen  $d = 25 \cdot 10^{-3}$  m.

Potřebný zdvih je  $L = 305 \cdot 10^{-3}$  m, přičemž hodnota zdvihu je zajištěna dorazy.

Nízkotlaký okruh je tvořen těmito dílčími obvody:

- obvod pohonu zavážecího vozíku
- obvod uzavírání a otevírání forem

Vysokotlaký okruh je tvořen obvodem tlakové komory.

Vazby mezi vysokotlakým a nízkotlakým okruhem i uvnitř okruhu nízkotlakého jsou zajišťovány impulsovým způsobem s časově pružnou vazbou.

#### 4. 1. 3. Popis činnosti navrženého pracovního obvodu.

Popis činnosti pracovního obvodu je proveden podle obr. 20 a obr. 21.

Zapneme hlavní vypínač V. Tím se přivede el. proud do ovládaného obvodu, rozsvítí se žárovka Z0.

Krátkým stisknutím tlačítka poloautomatického provozu A, se uvede do činnosti relé Re1. Kontakt relé k1 sepne a uzavře okruh elektromagnetu E11. Žárovka Z1 se rozsvítí. Rozvaděč R1 se přestaví do polohy 1. Tlaková kapalina proudí za píst válce 1 a ten se začne vysouvat. Pístnice válce 1 je spojena s vozíkem a posouvá ho nad formu. Vozík při pohybu nad formou ji naplní práškem. Pohyb vozíku vpřed končí, jakmile dorazí d1 přepne přepínač P1.

Po přepnutí přepínače P1 se přeruší okruh elektromagnetu E11 a uzavře se okruh elektromagnetu E12. Žárovka Z1 zhasne a žárovka Z2 se rozsvítí. Rozvaděč R1 se přestaví z polohy 1 do polohy 2. Nastává zpětný pohyb vozíku. V okamžiku, kdy je vozík pod násypkou, zastaví jeho pohyb opět doraz d1,

který přepne přepínač P1. Přeruší se okruh elektromagnetu E12. Pružina vrátí rozvaděč z polohy 2 do polohy 0. Žárovka Z2 zhasne.

V poloze, kdy je vozík nad formou, zároveň doraz d2 spíná koncový spínač K1. Tím se uvede do činnosti relé Re2. Kontakt relé k2 sepne a uzavře okruh elektromagnetu E21. Rozsvítí se žárovka Z3. Rozvaděč R2 se přestaví z polohy 0 do polohy 1. Válec 2 hydraulického lisu PYE 10 M se uvede v činnost. Razník upevněný na pístnici tohoto válce jede dolů a těsně uzavře formu. Jeho pohyb je zastaven dorazem d3, který přepne přepínač P2.

Pomocí přepínače P2 se přeruší okruh elektromagnetu E21. Žárovka Z3 zhasne. Pružina vrátí rozvaděč R2 do polohy 0. Razník je fixován v dolní poloze.

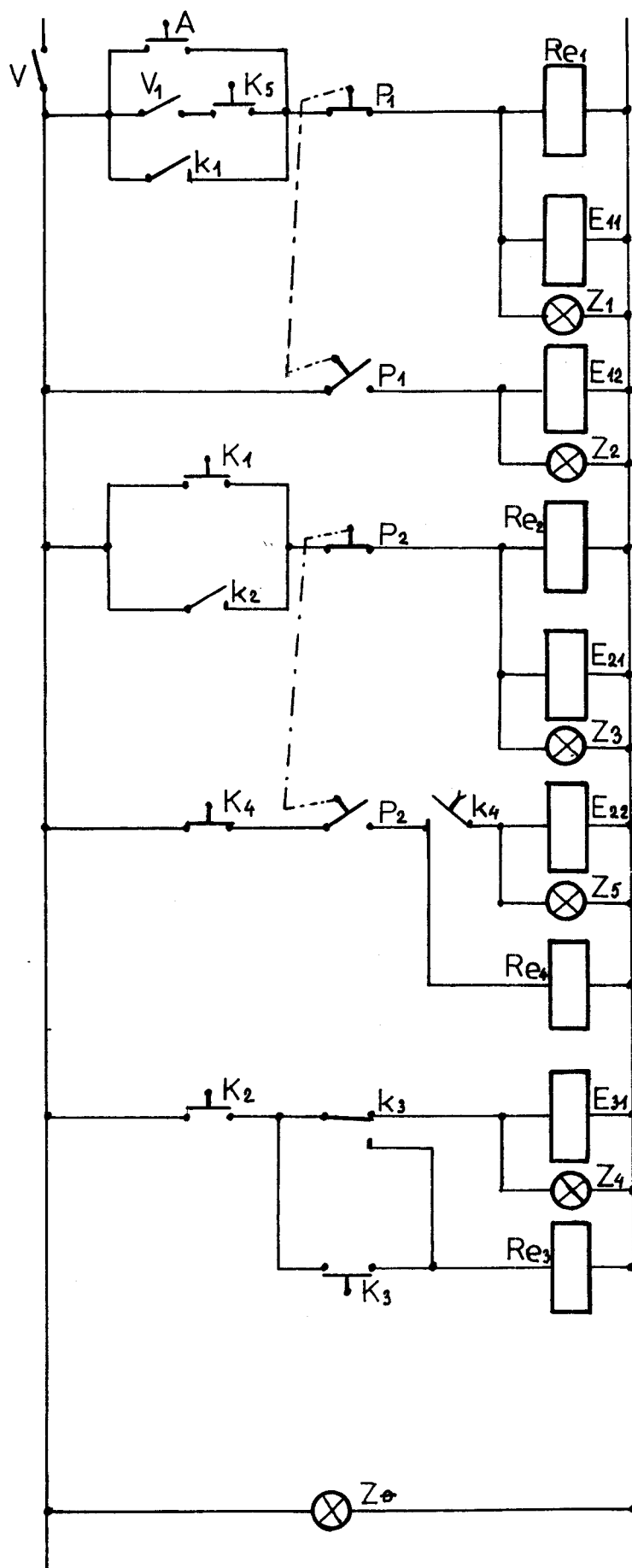
Ve spodní krajní poloze zároveň doraz d3 spíná koncový spínač F2, ten uzavře okruh elektromagnetu E31. Rozsvítí se žárovka Z4. Rozvaděč R3 se přestaví do polohy 1 a tlaková kapalina proudí do tlakové komory. Při dosažení tlaku 12 MPa sepne kontaktní manometr MK spínač P3, ten uzavře okruh relé Re3. Kontakt relé k3 sepne a přeruší okruh elektromagnetu E31. Pružina přestaví rozvaděč R3 do polohy 0. Žárovka Z4 zhasne. Tlaková kapalina odtéká z tlakové komory a tlak klesá.

Při nulovém přetlaku sepne kontaktní manometr MK spínač K4, tak se uvede v činnost relé se zpožděným přítahem Re4. Kontakt k4 uzavře okruh elektromagnetu E22. Rozsvítí se žárovka Z5. Rozvaděč R2 se přestaví do polohy 2 a píst s razníkem vyjíždí nahoru. Na trnu je z formy vynášen vý-

lisek. V závislosti na pohybu razníku přijíždí pod výlisek skluz. Pouzdro razníku se opře o čelo válce a pístnice s trnem se ještě posune. Výlisek je sejmут z trnu. Pohyb pístnice je zastaven dorazem d3, který přepne přepínač P2. Přeruší se okruh elektromagnetu E22. Žárovka Z5 zhasne. Rozvaděč R2 je pružinou přestaven do neutrální polohy 0. Píst válce 2 je blokován v horní poloze. Tímto je ukončen jeden pracovní cyklus. Další cyklus může začít až po stlačení tlačítka A.

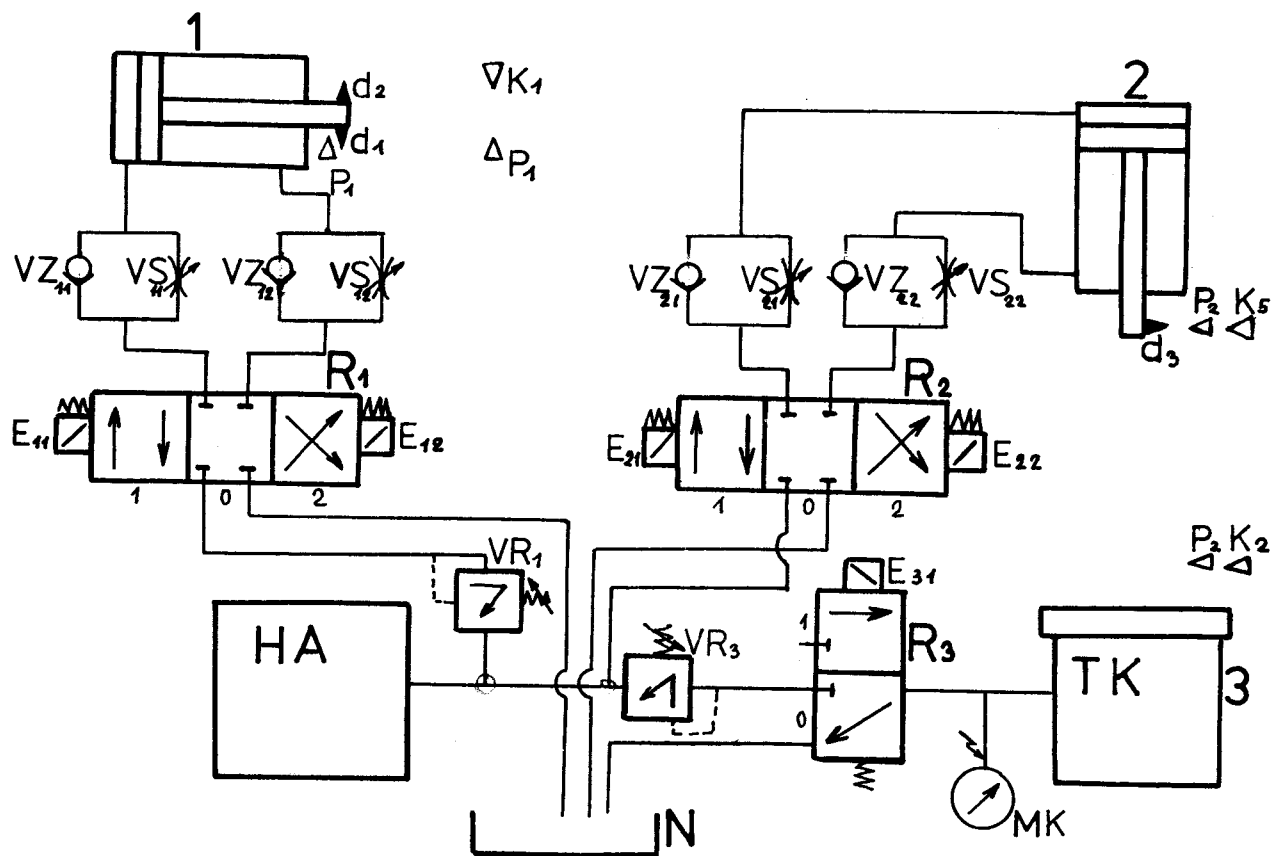
Z popisu je zřejmé, že pracovní obvod, ovládaný tímto způsobem, vykoná jeden pracovní cyklus automaticky po stlačení tlačítka A. Tohoto způsobu automatického řízení jednoho cyklu se použije při seřizování celého zařízení / nastavení průtoku na škrtkících ventilech /.

V praktickém provozu, ale potřebujeme, aby po skončení jednoho cyklu začal automaticky další. Toho docílíme tak, že zapneme vypínač automatického provozu V1, a pak se přes koncový spínač K5 uzavře okruh elektromagnetu E11 rozvaděče R1. Koncový spínač K5 je sepnut dorazem d3 v horní poloze. Všechny následující operace proběhnou návazně jako v předchozím popisu, až do chvíle, kdy válec 2 vyjede do horní polohy a doraz d3 spíná koncový spínač K5. Okamžitě začíná nový cyklus pohybem válce 1. Po vypnutí vypínače V1 se činnost obvodu zastaví po dokončení právě probíhajícího cyklu.



V...hlavní vypínač  
 A...ruční tlačítko  
 V<sub>1</sub>...vypínač automatického  
     prevozu  
 P<sub>1</sub>...konc. spínač /uzavírání/  
 K<sub>2</sub>...konc. spínač /tlakování/  
 K<sub>3</sub>...konc. spínač /odtlakování/  
 K<sub>4</sub>...konc. spínač /otevírání/  
 K<sub>5</sub>...konc. spínač /opak. cyklu/  
 P<sub>1</sub>...konc. přepínač dávkovače  
 P<sub>2</sub>...konc. přepínač rezníku  
 Re<sub>1</sub>:spínací relé dávkovače  
 k<sub>1</sub>...kontakt relé  
 Re<sub>2</sub>:spínací relé uzavírání  
 k<sub>2</sub>...kontakt relé  
 Re<sub>3</sub>:spínací relé tlak. komory  
 k<sub>3</sub>...kontakt relé  
 Re<sub>4</sub>:relé se zpožd. přítahem  
 k<sub>4</sub>...kontakt relé  
 E<sub>11</sub>:elektromagnet /plnění/  
 E<sub>21</sub>:elektromagnet /uzavírání/  
 E<sub>31</sub>:elektromagnet /tlakování/  
 E<sub>12</sub>:elektromagnet /vozík zpět/  
 E<sub>22</sub>:elektromagnet /otevírání/  
 Z<sub>1</sub>...žárovka  
 Z<sub>2</sub>...žárovka  
 Z<sub>3</sub>...žárovka  
 Z<sub>4</sub>...žárovka  
 Z<sub>5</sub>...žárovka  
 Z<sub>0</sub>...žárovka

obr. 20



1...válec zavážecího vozíku

2...válec uzavírání

3...TK - tlaková komora

HA...hydraulický agregát

N...nádrž

R<sub>1</sub>...rozvaděč válce 1

R<sub>2</sub>...rozvaděč válce 2

R<sub>3</sub>...rozvaděč TK

MK...kontaktní manometr

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>...přepínače

d<sub>1</sub> - d<sub>3</sub>...dorazy

/byly použity přepínače a spínače typu 96 901 a 96 902  
výrobce ZPA Nový Bor/

VZ...zpětné ventily

VS...škrtkové ventily

VR...redukční ventily

E<sub>11,12</sub>... elektromagnety  
rozvaděče R<sub>1</sub>

E<sub>21,22</sub>...elektromagnety  
rozvaděče R<sub>2</sub>

E<sub>31</sub>...elektromagnet  
rozvaděče R<sub>3</sub>

P<sub>1</sub> - P<sub>5</sub>...konc. spínače

obr. 21

#### 4. 2. Konstrukční řešení jednotlivých částí.

##### 4. 2. 1. Hydraulický lis PYE 10 N. / obr. 22 /

Technické údaje k hydraulickému lisu PYE 10 N:

Jmenovitá lisovací síla ... 100 kN

Síla zpětného zdvihu ... 21 kN

Rychlost beranu při pohybu dolů ... 0,04 m/s

Rychlost beranu při pohybu nahoru ... 0,2 m/s

Zdvih regulovatelný až do ... 400 mm

Vyložení ... 250 mm

Vestavný prostor ... 630 mm

Šířka x délka stolu ... 500 x 400 mm

Výška stolu nad podlahou ... 710 mm

Šířka lisu v základním provedení ... 800 mm

Hloubka lisu v základním provedení ... 1150 mm

Výška lisu v základním provedení ... 2150 mm

Příkon stroje ... 2,2 kW

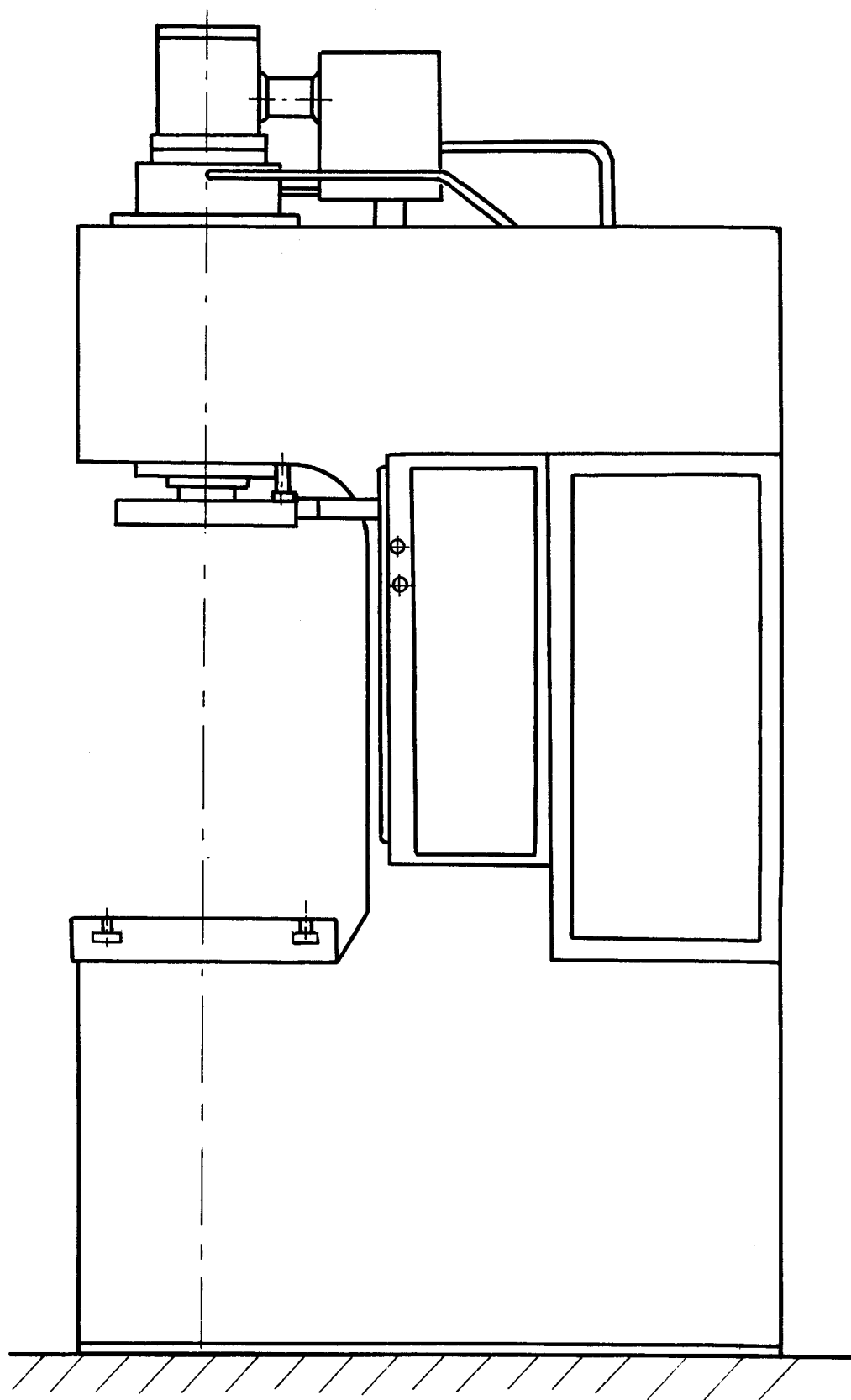
Hmotnost lisu ... 1100 kg

Lisy PYE 10 N se vyrábějí jako universální hydraulické lisy.

K jejich kladům patří spolehlivost, bezporuchovost, modernost konstrukce.

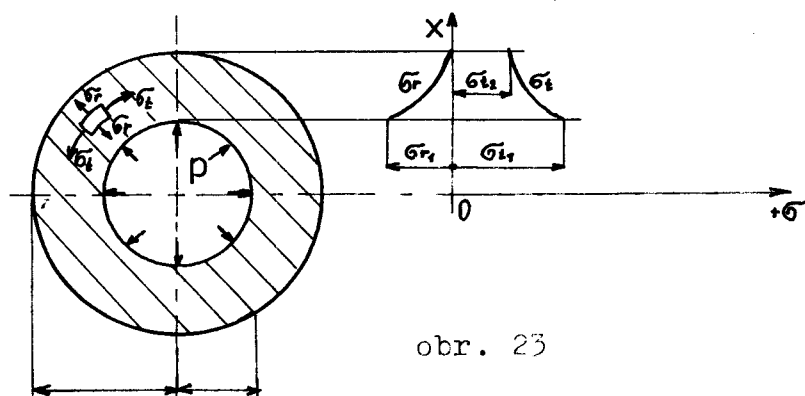
##### 4. 2. 2. Výpočet tlakové nádoby [3] obr. 23

Tlaková nádoba je konstruována jako svařenec dna a vřícové stěny. Nahoře je pak do čela stěny přišroubováno víko, které uzavírá plášť formy, matrici a ochranný koš uvnitř nádoby. Celá tlaková nádoba je přišroubována pomocí šroubů s "T" hlavou k desce stolu. Ke zhotovení tlakové nádoby, víka i dna se použije ocel 13 220.



obr. 22





obr. 23

Pro napětí působící v tlakové nádobě platí [3]:

$$\sigma_{t1} = \frac{p \cdot \frac{R^2 + r^2}{R^2 - r^2}}{\text{MPa}}$$

$$\sigma_{t2} = -\frac{2 \cdot p \cdot r^2}{R^2 - r^2} \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{r1} = -p \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{r2} = 0 \quad \text{MPa}$$

Je-li nádoba uzavřena vzniká též osové napětí v příčných řezech / osové napětí /.

$$\sigma_o = \frac{p \cdot r^2}{R^2 - r^2} \quad \text{MPa}$$

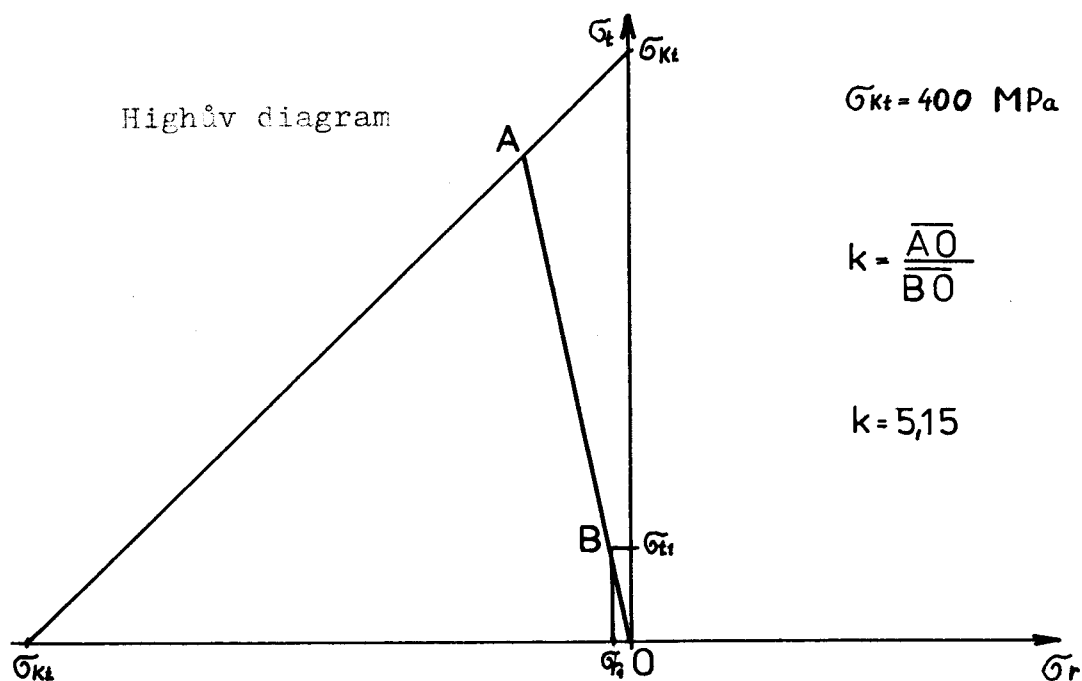
Pro hodnoty:

|                       |                                  |
|-----------------------|----------------------------------|
| $p = 12 \text{ MPa}$  | $\sigma_t \dots$ tečné napětí    |
| $r = 0,065 \text{ m}$ | $\sigma_r \dots$ radiální napětí |
| $R = 0,079 \text{ m}$ | $\sigma_o \dots$ osové napětí    |

je napětí:  $p \dots$  tlak

|                                  |                                      |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| $\sigma_{t1} = 62,3 \text{ MPa}$ | $r \dots$ vnitřní poloměr nádoby /m/ |
| $\sigma_{t2} = 50,3 \text{ MPa}$ | $R \dots$ vnější poloměr nádoby /m/  |
| $\sigma_{r1} = -12 \text{ MPa}$  |                                      |
| $\sigma_o = 25,2 \text{ MPa}$    |                                      |

Bezpečnost zjistíme z Highova diagramu.



obr. 24

Z vypočtené bezpečnosti je zřejmé, že navržené tlaková nádoba vyhovuje.

Dno:

Připustíme-li, že i v prášku se šíří tlak dle Pascalova zákona / což samozřejmě vzhledem k vlastnostem prášku přesně neplatí /, tak můžeme spočítat dle [9] bezpečnost dna a sílu na něj působící. Vzhledem k výše uvedené poznámce budeme výsledky brát pouze jako informativní.

Pro napětí platí:  $\sigma_m = \frac{1}{8} \cdot \frac{D}{h_d^2} \cdot p$  / MPa /

kde: D... průměr dna / m /

$h_d$ ... tloušťka dna / m /

p... max. tlak / MPa /

Pro hodnoty  $D = 130 \text{ mm}$ ,  $h_d = 18 \text{ mm}$ ,  $p = 12 \text{ MPa}$

je  $\sigma_m = 78,3 \text{ MPa}$

Bezpečnost pro zvolenou ocel 13 220

$k = \frac{\sigma_{Kt}}{\sigma_m}$  pro známé hodnoty a je  $k = 5,6$ .

Síla na dno:

Síla se spočítá jako součin plochy a tlaku na tuto působící.

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} / m^2 /$$

D... průměr dna /m/

pro D= 130 / mm / je

S... plocha dna /m<sup>2</sup>/

$$S = 0,0132732 m^2$$

F<sub>d</sub>... síla na dno /N/

$$F_d = p \cdot S \text{ pak pro } p = 12 \text{ MPa je}$$

$$F_d = 159276 \text{ N}$$

Je nutné podotknout, že síla na dno se bude rušit rovností podložky /stolu lisu/, na kterou je nádoba připravena.

Výpočet svaru dna:

Dno je přivařeno k válcové části tupým svařem  $\frac{1}{2}$  V.

Svar je namáhán dynamicky náživým napětím. Je nutné spočítat bezpečnost při namáhání rovinou / dle [4] /.

Součinitel rázu  $\varphi$  ...  $\varphi = 1$

Součinitel vyjadřující velikost a tuhost svařence  $\psi$ ...  $\psi = 1$

Použitá ocel ... 13 220

Zatěžovací síly ...  $F_{min} = 0$ ,  $F_{max} = F_d \cdot \varphi = 159276 \text{ N}$

Průřez svaru  $S_{sv}$ ...  $S_{sv} = 2 \cdot t \cdot \pi \cdot D \cdot t = 6949 \text{ mm}^2$

kde: t... tloušťka stěry /m/

D... průměr nádoby /m/

Minim. průřez zákl. materiálu ...  $F_z = 6949 \text{ mm}^2$

Dolní namáhání - svar. spoje ...  $\sigma_{nsv} = \sigma_{nz} = 0 \text{ MPa}$

- zákl. materiálu ...  $\sigma_{nz}$

Horní namáhání - svar. spoje ...  $\sigma_{hsv} = \frac{F_{max}}{S_{sv}} = 22,9 \text{ MPa}$

-zákl. materiálu ...  $\sigma_{hz} = 22,9 \text{ MPa}$

Střední namáhání - svar. spoje ...  $\sigma_{msv} = \frac{\sigma_{nsv} + \sigma_{hsv}}{2} = 11,5 \text{ MPa}$

- zákl. materiálu ...  $\sigma_{mz} = 11,5 \text{ MPa}$

Poměr  $\frac{\sigma_{msv}}{\sigma_{hsv}} = 0,5$

Mez únavy svarového spoje ze Smithova diagramu v [1] pro uvedený poměr a dovolené napětí  $\sigma_c = 220 \text{ MPa}$

Vrhuový činitel  $\beta = 1,15$

Mez únavy svarového spoje a připojeného průřezu

$$\sigma_{Dsv} = \sigma_{Dz} = \frac{\gamma}{\beta} \cdot \sigma_c = 191 \text{ MPa}$$

Bezpečnost  $\mu = \frac{\sigma_{Dsv}}{\sigma_{hsv}} = 8,3$

svar vyhovuje.

Síla na uzavírací razník:

Tato síla se spočítá za stejných předpokladů jako u výpočtu dna.

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} / \text{m}^2 \quad d \dots \text{vnitřní průměr fóty /m/}$$

pro  $d = 100 \text{ mm}$  je

$S \dots \text{plocha razníku /m}^2/$

$$S = 7854 \text{ mm}^2$$

$$F_v = p \cdot S / \text{N}$$

$F_v \dots \text{síla na razník /N/}$

pro  $p = 12 \text{ MPa}$  je

$$F_v = 94248 \text{ N}$$

Síla na víko:

Na víko bude působit pouze síla od tlaku kapaliny působící na ploše mezikruží mezi vnitřním průměrem tlakové nádoby a plechovým ochranným košem.

$$S = \frac{\pi D^2 - \pi d^2}{4} / \text{m}^2 \quad \text{pro } D = 130 \text{ mm a } d = 100 \text{ mm je}$$

$$S = 805,5 \text{ mm}^2$$

$$F = p \cdot S / \text{N} \quad \text{pro } p = 12 \text{ MPa je}$$

$$F = 9664 \text{ N}$$

Víko je přišroubováno k tělesu nádoby 8 šrouby s vnitřním šestihranem M 6.

Kontrola na otlačení [4]

Provedeme výpočet potřebného počtu závitů na šroubu, ze před-

pokladu rovnoměrného namáhání všech závitů.

$$z = \frac{F}{\frac{\pi}{4} D^2 - \frac{d^2}{4} \cdot p_{dov} \cdot i}$$

pro -sílu na víko...  $F = 9664 \text{ N}$

-dovolený tlak...  $p_{dov} = 20 \text{ MPa}$

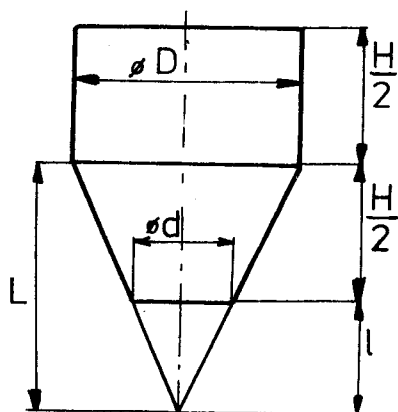
-průměr závitu...  $D = 6 \text{ mm}$

-vnitřní průměr závitu...  $4,773 \text{ mm}$

-počet šroubů...  $i = 8$  je nutný počet závitů na jednom šroubu  $z = 5,8 \sim 6$

#### 4. 2. 3. Výpočet formy

Uvnitř tlakové komory se nachází vlastní tvářecí nástroj, a tím je pryžová forma. Je vyrobena z měkké pryže. Na vnější stěnu formy dosedá pryžová matrice. Tyto dvě části jsou chráněny plechovým perforovaným košem.



obr. 25

-D... vnitřní průměr formy /m/

-H... výška formy /m/

- $\alpha$ ... sklon kuželové části /°/

-d... průměr dna formy /m/

-L... výška velkého kužele /m/

-l... výška malého kužele /m/

$$V_c = V_1 + V_4$$

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{H}{2}$$

$$V_4 = V_2 - V_3$$

$$V_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot L$$

$$V_3 = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot l$$

Pro hodnoty  $D = 100 \text{ mm}$

$H = 200 \text{ mm}$

$\alpha = 8^\circ$

dostáváme:

- $V_c$ ... celkový objem formy /m<sup>3</sup>/

- $V_1$ ... objem válcové části /m<sup>3</sup>/

- $V_4$ ... objem komolého kužele /m<sup>3</sup>/

- $V_2$ ... objem velkého kužele /m<sup>3</sup>/

- $V_3$ ... objem malého kužele /m<sup>3</sup>/

$$L = \frac{D}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} = 396 \text{ mm}$$

$$l = L - \frac{H}{2} = 296 \text{ mm}$$

$$d = 2 \cdot \left( \frac{D}{2} - \frac{H}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha \right) = 75 \text{ mm}$$

pak  $V_1 = 785\,398 \text{ mm}^3$

$$V_2 = 1\,036\,725 \text{ mm}^3$$

$$V_3 = 435\,896 \text{ mm}^3$$

$$V_4 = 600\,829 \text{ mm}^3$$

$$V_c = 1\,386\,227 \text{ mm}^3$$

hmotnost náplně m

$$m = V_c \cdot \rho \text{ /kg/}$$

$\rho$ ... sypná objemová hmotnost prášku  
/kgm<sup>3</sup>/

pro  $\rho = 170 \text{ kg.m}^{-3}$  je

$$m = 0,236 \text{ kg}$$

počet cyklů, které musí zařízení vykonat, aby zpracovalo

150 kg prášku za směnu c

$$c = \frac{m_0}{m}$$

$m_0$ ... hmotnost prášku ke zpracování  
/kg/

pro  $m_0 = 150 \text{ kg}$  je

$$c = 637 \text{ cyklů}$$

maximální doba trvání jednoho cyklu při 8 hodinách provozu

zařízení  $t_1$

$$t_1 = \frac{t_s}{c} \text{ /s/}$$

$t_s$ ... pracovní doba/s/

pro  $t_s = 28\,800 \text{ s}$  je

$$t_1 = 45 \text{ s}$$

Rozměry výlisku po zhutnění.

Uvažuje se čistě radiální zhutňování /výška výlisku se nemění/

a hmotnost výlisku před a po zhutnění musí zůstat zachovaná.

$$m = \acute{m} \text{ /kg/}$$

$m$ ... hmotnost náplně

$$V \cdot \rho = \acute{V} \cdot \rho' \text{ /kg/}$$

$\acute{m}$ ... hmotnost výlisku

$$\acute{V} = \frac{V \cdot \rho}{\rho'} \text{ /l/}$$

$V$ ... objem formy

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot H \text{ /m}^3/ \quad V \dots \text{objem výlisku}$$

$$H = \frac{H}{\rho} \text{ /m/} \quad \rho \dots \text{synná obj. hmotnost prášku /kg.m}^{-3}/$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot H}} \text{ /m/} \quad \rho' \dots \text{obj. hmotnost výlisku /kg.m}^3/$$

$$d \dots \text{průměr výlisku}$$

$$H \dots \text{výška formy /m/}$$

$$H \dots \text{výška výlisku /m/}$$

po dosazení známých hodnot uvedených veličin je

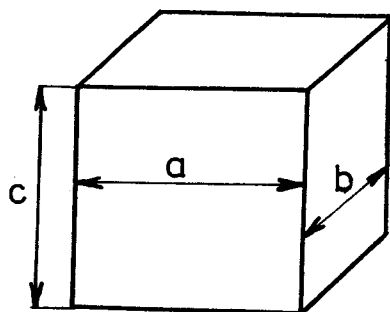
$$d = 43,2 \text{ mm}$$

#### 4. 2. 4. Výpočet zavážecího vozíku

Nádoba, která tvoří stěny vozíku je svařena ze čtyř plechů. Na této nádobě je přišroubován rámeček. Na jsou pak přivařeny vodící trubky s pouzdry a oko umožňující spojení vozíku s pístnicí hydraulického válce pomocí vidlice a čepu. Objem nádoby vozíku je volen tak, aby byl větší než objem formy.

V... objem vozíku/m<sup>3</sup>/

a, b, c... délky stran vozíku/m/



obr. 26

PRO  $a = b = c = 120 \text{ mm}$  je

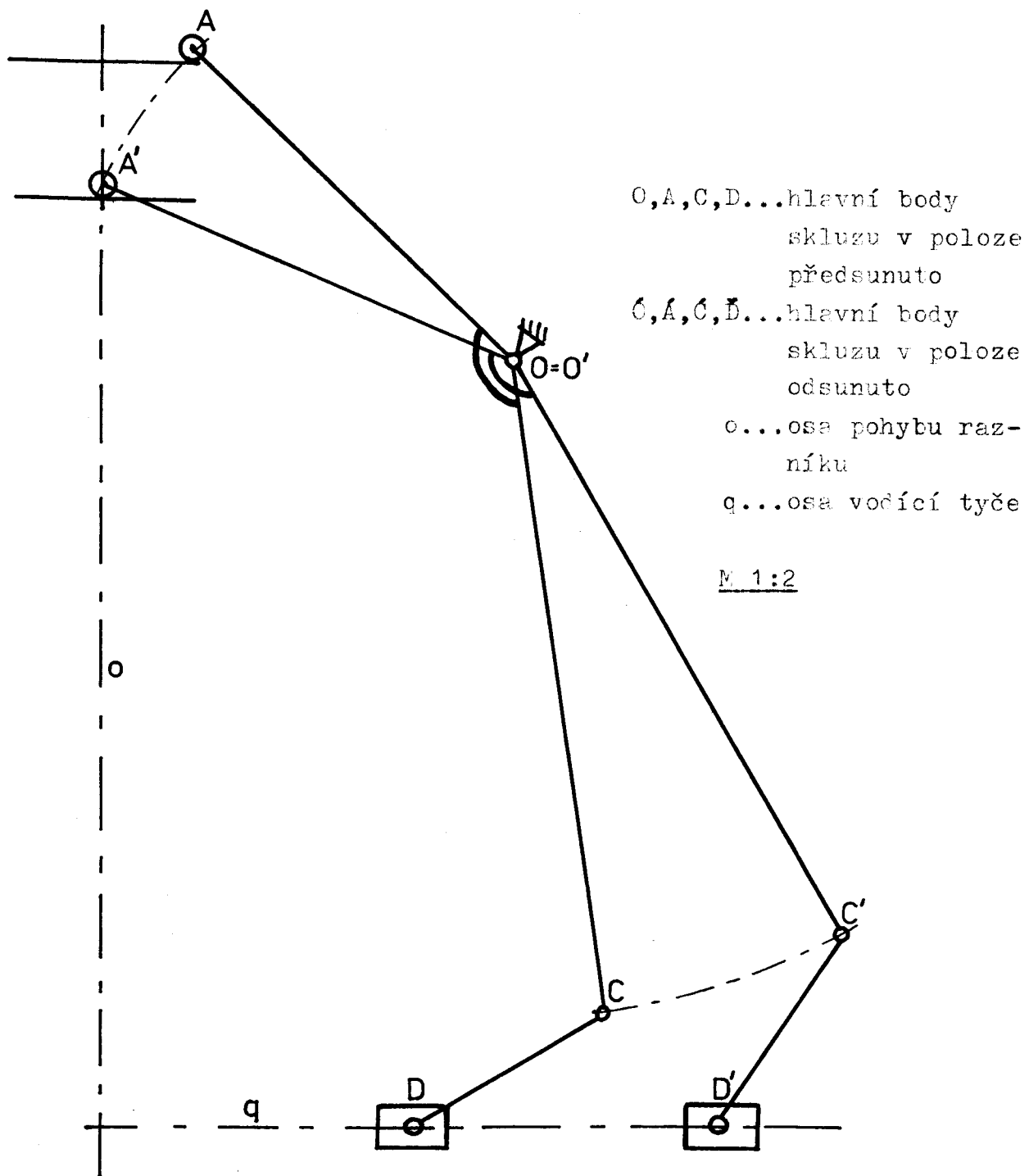
$$V = a \cdot b \cdot c = 1,728 \text{ m}^3$$

#### 4. 2. 5. Mechanismus skluzu /obr. 27/

V principu se jedná o klikový mechanismus, který má zajišťovat dvě polohy vlastního skluzu.

Je dán: -potřebný zdvih skluzu...  $z = 100 \text{ mm}$

-dostatečná vzdálenost výlisku nad formou...  $h = 88 \text{ mm}$



obr. 27





Při jejím výpočtu se uvažuje okamžik, kdy se obě poloviny zámku začnou posouvat proti síle  $F_a$ , vyvozené tlačnou pružinou.

$$F_a + F_{T1} + F_{T2} \cdot \cos \alpha - F_N \cdot \sin \alpha = 0 \quad /I/$$

$$F_a - F_N \cdot \cos \alpha - F_{T2} \cdot \sin \alpha = 0 \quad /II/$$

$$F_{T1} = f \cdot F_a \quad F_{T2} = f \cdot F_N \quad F_N = \frac{F_a}{\cos \alpha} \quad /III/$$

po dosazení a úpravě bude:

$$F_a = \frac{F_a}{\frac{\tan \alpha - f}{1 + f \cdot \tan \alpha} - f} \quad /IV/$$

Pro hodnoty

$$F_a = 33,5 \text{ N}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$f = 0,1 \quad \text{je}$$

$$F_a = 26 \text{ N} \quad \text{a} \quad F_{ac} \dots \text{celková síla k vyprutí}$$

$$F_{ac} = 3 \cdot F_a = 78 \text{ N}$$

Sílu  $F_a$  vyvozuje pružina ČSN 02 6020, kde

$$d = 0,8 \text{ mm} \quad d \dots \text{průměr drátu pružiny}$$

$$D = 4,8 \text{ mm} \quad D \dots \text{vnější průměr pružiny}$$

$$F_g = 33,5 \text{ N} \quad F_g \dots \text{síla ve stavu plně zatíženém}$$

$$l_g = 6,7 \text{ mm} \quad l_g \dots \text{délka ve stavu plně zatíženém}$$

$$l_0 = 9 \text{ mm} \quad l_0 \dots \text{délka ve stavu volném}$$

Kuličkový zámek opět zaskočí, vrátí-li tažná pružina vnější trubku do pravé krajní polohy. To se stane tehdy, sjede-li razník dolů.

Volba vratné pružiny pro mechanismus skluzu.

Byla zvolena pružina ČSN 02 6030, kde

$$d = 2,5 \text{ mm}$$

$$D = 22,5 \text{ mm}$$

$$F_g = 190 \text{ N}$$

$F_p = 20 \text{ N}$        $F_p \dots$  předpětí

$I_g = 158 \text{ mm}$

$L_z = 90 \text{ mm}$        $L_z \dots$  závěsná délka

#### 4. 2. 6. Mechanismus razníku

Na obr. 29 je nakresleno funkční schéma mechanismu razníku. Celý mechanismus je sestaven z vlastního uzavíracího válce /razník/, opěrného pouzdra, trnu a pružiny. Tento systém je přišroubován na pístnici hydraulického válce.

Princip práce:

Před dosažením horní krajní polohy pístnice 1 se opře pouzdro 2 o přední přírubu válce uzavírání 3. Pístnice 1 pokračuje v pohybu nahoru za současného stlačování pružiny 4.

P sejmutí výlisku 5 dojde po malém zasunutí trnu 5 do razníku 6, kdy se výlisek odtrhne od trnu a padá na předstunutý skluz.

Volba pružiny:

Byla zvolena válcová tlačná, uzavřená, obrobena pružina dle ČSN C2 6020, kde

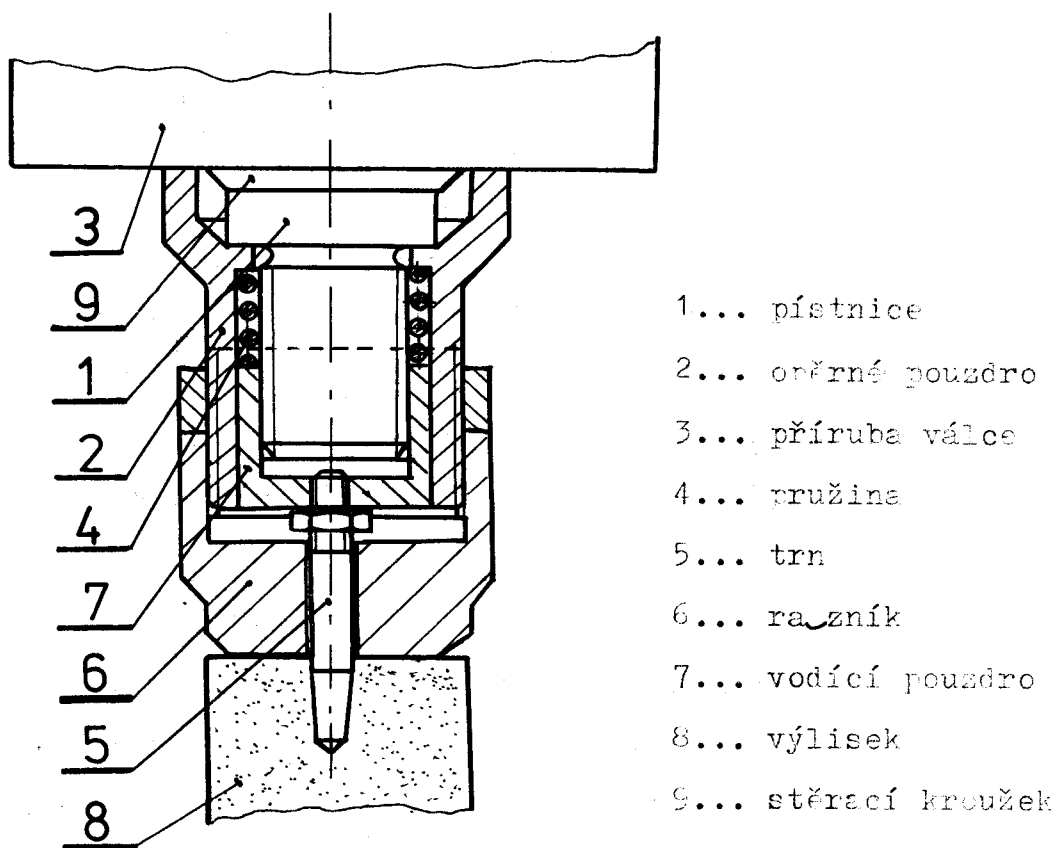
$d = 5 \text{ mm}$

$D = 68 \text{ mm}$

$F_g = 400 \text{ N}$

$I_g = 40 \text{ mm}$

$L_o = 110 \text{ mm}$



obr. 29

## 5. T e c h n i c k o - e k o n o m i c k é z h o d n o c e n í

V diplomové práci je proveden a konstrukčně zpracován projektový návrh zařízení na izostatický předlis prášku  $Al_2O_3$ . Takto upravený prášek se dále zpracovává a v konečné fázi výroby se z něj lisují trubice, které se používají jako hořáky do vysokotlakých sodíkových výbojek.

Při návrhu zařízení byl použit následující postup:

- 1/ Rozbor současného stavu.
- 2/ Alternativní studie a výběrem a zdůvodnění vhodné varianty řešení.
- 3/ Projektový návrh. Ten byl pak rozdělen na dvě základní fáze.
  - a/ návrh a řešení pracovního obvodu
  - b/ návrh konstrukce a konstrukční zpracování

Návrh pracovního obvodu je proveden takovým způsobem, aby obvod splnil všechny požadované funkce v rámci automatického pracovního cyklu. Navržený pracovní obvod, na kterém je kombinován hydraulický okruh v části výkonové a elektrický v části řídicí, je popsán příslušnými schématy a částečnou specifikací prvků. Prvotní výběr byl zaměřen na prvky vyráběné u nás, což se z části zdařilo. Elektrický impulsový systém je sestaven výhradně z prvků tuzemské výroby. Horší byla situace při sestavování hydraulického okruhu, vzhledem k obtížím s tuzemskou výrobou a dodávkami potřebných prvků / hlavně se jedná o prvky silové /. Proto se přistoupilo na použití hydraulického lisu PYE 10 N /NDR/ a hydraulického válce firmy Herion /MSR/.

## 5. 1. Přínos zařízení.

V současné době je předlis prášku  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  prováděn na vysokotlakém izostatickém lisu, lisováním v mokré formě. Obsluhu může provádět 1 pracovník, který zároveň musí ručně plnit formy, manipulovat s nimi a vyjímat výlisky. Tato práce je značně neproduktivní, to znamená i neekonomická, čili v souhrnu neefektivní.

Má-li být navržené zařízení ekonomicky výhodné, musí nutně přispívat:

- ke zvýšení produktivity
- ke snížení nákladů na jednotku produkce
- ke zlepšení produkce

Tato základní hlediska se vzájemně prolínají a přistupují k nim i další pomocná hlediska:

- zlepšení pracovních podmínek
- hospodárnost t.j. účinnost za skutečných provozních podmínek
- provozní požadavek obsluhy a údržby
- předpokládaná životnost zařízení

### 1/ Zvýšení produktivity.

Produktivita je určena množstvím produkce vyrobeným za určitou dobu. Její zvýšení lze docílit zkrácením doby potřebné ke zhotovení jednoho výlisku. Protože čas trvání jednoho pracovního cyklu u ruční výroby je závislý na odhadu a zručnosti obsluhy, provedu srovnání pouze informativní.

U ručního způsobu musí pracovník naplnit několik forem /má-li menší objem / cca 5, spotřebuje-li na naplnění každé

z nich 10 s, pak jen plnění bude trvat cca 50 s. Dále musí dát formy do koše, ten vložit do autoklávu, autokláv uzavřít, spustit lis. Doba na čas lisování. Tak otevře autokláv, vyjme koš, vyndá z něj formy a z nich zase výlisky.

1 cyklus může trvat odhadem 4 - 5 minut.

Maximální doba trvání 1 cyklu na navrženém zařízení je 45 s.

## 2/ Zlepšení produkce.

V našem případě není kvalita výlisku rozhodující / budou se stejně rozdělovat na granulát /, ale určitý význam může mít pokaždé stejné zaplnění formy, což u ručního způsobu není zaručeno.

## 3/ Snížení nákladů na jednotku produkce.

Na úsporu provozních nákladů má v našem případě zcela zřejmě příznivý vliv splnění hlediska 1/. Pro skutečné posouzení nákladů je navíc středotná cena zařízení, která se dá stanovit až po provedení podrobné hodnotové analýzy. Pro tuto však chybí potřebné podklady.

Na výši nákladů mají vliv i uvedené pomocné hlediska:

- obsluha a údržba
- pracovní podmínky
- hospodárnost
- životnost zařízení

Předpokládá se, že k obsluze zařízení postačí jeden pracovník.

Problémem zůstává prašnost prostředí. Její odstranění nebo podstatné snížení by bylo možno provést hermetickým zakrytím celého zařízení a z tohoto prostoru sítovým podtlakem vysávat vzduch s rozprášeným práškem kysličníku hli-

nitého. Ještě je třeba podotknout, že i odstraněním ruční manipulace s práškem se podstatně zvýší hygiena práce. Hospodárnost / účinnost za skutečných provozních podmínek / nelze v této fázi určit. Totéž platí o předpokládané životnosti.

Z technického hlediska navržené zařízení splnilo výchozí požadavky, a to:

- výrobnost 150 kg prášku za směnu
- plně automatický cyklus

Výrobnost je zajištěna použitím vhodné velikosti formy a délkou 1 cyklu. Automatizace pracovního cyklu, která byla podmíněna komplexní mechanizací, je zajištěna pracovním hydraulicko - elektrickým obvodem.



## 6. Z á v ě r

Úkolem mé diplomové práce bylo navrhnout zařízení pro předlis prášku  $\gamma$  -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  izostatickým lisováním v suché formě. Podařilo se splnit požadavky na zařízení klade-  
né, a to:

- automatický pracovní cyklus
- výrobnost 150 kg prášku za směnu

Navržené zařízení by mělo sloužit v lince na výrobu transparentních trubíc z kysličníku hlinitého pro vysokotlaké sodíkové výbojky. Toto zařízení by značně zvýšilo produktivitu práce a zlepšilo pracovní prostředí.

Závěrem bych chtěl poděkovat Ing. Františku Novotnému za jeho cenné rady a připomínky k řešení i za trpělivost, se kterou se mi po celou dobu věnoval.

7. Seznam použité literatury

- [1] Šulc, E.: Diplomová práce 333/79, VŠST Liberec, 1979.
- [2] Špaček, V.: Diplomová práce 353/80, VŠST Liberec, 1980.
- [3] Černoch, S.: Strojně technická příručka, SNTL Praha, 1977.
- [4] Vrzal, F.: Strojnické tabulky, SNTL Praha, 1973.
- [5] Herion, Hydraulik katalog.
- [6] Hašková, E., Novotný, F.: Izostatické lisování, VŠST Liberec, 1980, 38 s.
- [7] Hašková, E., Novotný, F.: Lisování keramických prášků, Závěrečná zpráva, VŠST Liberec, 1977, 52 s.
- [8] Zelada, E., Balcar, C.: Lisovací nástroje z plastických hmot, Nové technologické směry v keramice/ sborník přednášek /, Česká vědeckotechnická společnost, Dům techniky Brno, květen 1976.
- [9] Márec, J.: Výpočty pevnosti tlakových nádob, SNTL Praha, 1962.
- [10] Timochova, E., Silvestrov, J.: Kveziizostatické lisování keramiky, Stěhlo i keramika, 1979, / 6 /, 16.

## 8. Seznam příloh

Nedílnou součástí této diplomové práce je výkresová dokumentace.

- 1-DP-374/81-00 ... Automat na předlisování prášku  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$   
0-DP-374/81-01 ... Izostatický lis s příslušenstvím