

# VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra tváření a plastů

Školní rok: 1991/92

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro **Moniku Novotnou**  
obor **strojírenská technologie**

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

Název tématu: Tokové vlastnosti regenerát-originál Liten ZS 70.

### Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou vzniku a hospodaření s termoplastickými regeneráty.
2. Seznamte se s problematikou měření tokových vlastností u termoplastů a stanovením indexu toku.
3. Proveďte posouzení zpracovatelnosti Litenu ZS 70 na základě porovnání tokových vlastností a indexu toku u originálu a regenerátu.
4. Proveďte zhodnocení dosažených vlastností s ohledem na uzavřený cyklus u vyfukovacího soustrojí KB.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ  
Ostřední knihovna  
STUDENTSKÁ 5  
481 17 LIBEREC

KPT/TP

V55/92.5

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

1. Firemní literatura Kmpp-kantex Maschinenbau.
2. Normy ČSN a PH Plastimat.
3. DP: K. Součková - KPT/415 - 1989.


Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Josef Krebs, CSc.


Konzultant: Ing. M. Šafařík

Zadání diplomové práce: 31. 10. 1991

Termín odevzdání diplomové práce: 29. 5. 1992



  
Prof. Ing. Viktor Mikeš, CSc.  
Vedoucí katedry

  
Prof. Ing. Jaroslav Exner, CSc.  
Děkan

V Liberci

dne 18.11. 19 91

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní  
Obor 23 - 07 - 8

Strojírenská technologie

zaměření  
tváření kovů a plastických hmot  
Katedra tváření a plastů

TOKOVÉ VLASTNOSTI REGENERÁT - ORIGINAL LITEN ZS 70

Monika Novotná  
KPT - 496

Vedoucí práce: Doc. Ing. Josef Krebs, CSc.  
Konzultant: Ing. Miloslav Šafařík

Rozsah práce a příloh:

Počet stran:	82
Počet příloh a tabulek:	1 + 19
Počet obrázků:	30
Počet výkresů:	-
Počet modelů nebo jiných příloh:	-

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA  
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146076029

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI  
fakulta strojní

katedra tváření a plastů

obor: strojírenská technologie

šk. r. 1991/92

Diplomant: Monika Novotná

Téma práce: Tokové vlastnosti regenerát - originál Lítan ZS 70

Číslo diplomové práce: 496

Vedoucí práce: Doc. Ing. Krebs, CSc.

Konzultant: Ing. Šafařík

#### A N O T A C E

Tato diplomová práce se zabývá problémem recyklace u palivové nádrže.

Prvním konkrétním úkolem bylo stanovení indexu toku IT pro originální materiál a pro regenerát. Dospěla jsem ke zjištění, že snížení indexu toku IT u regenerátu je nepatrné a tudíž můžeme regenerát opětovně zavést do výroby.

Dalším úkolem práce bylo stanovení tokových křivek a koeficientů určujících tokové chování. U regenerátu dochází pouze ke snížení koeficientu tekutosti  $\phi$  řádově o jednotku. Ostatní koeficienty určující tokové chování materiálu /exponent mocninového zákona  $m$ , koeficient konzistence  $K$  a index toku  $n$ / se v podstatě skoro vůbec nemění.

PROHLÁŠENÍ

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

V Liberci dne 21. 5. 1992

*Marika Procházková*

## O B S A H

1.	Ú V O D	str. 7
2.	T E O R E T I C K Á Č Á S T	9
2.1.	TECHNOLOGICKÉ A MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI POLYETHYLENU	9
2.1.1.	Materiál a jeho vlastnosti	9
2.1.2.	Obecná charakteristika polyethylénu	10
2.1.3.	Základní přednosti a odlišnosti jednotlivých typů PE	12
2.1.4.	Zpracování jednotlivých typů PE	13
2.1.5.	Modifikace PE	13
2.2.	TECHNOLOGIE VYFUKOVÁNÍ	15
2.3.	KONCEPCE VÝROBNÍ LINKY	22
2.3.1.	Dávkování	24
2.3.2.	Zapojení s regenerátem	26
2.4.	HODNOCENÍ REOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ	29
2.4.1.2.	Zpracování výsledků	32
2.4.2.	Stanovení tokových křivek a hodnocení reologických vlastností	33
2.4.2.1.	Postup měření	35
2.4.2.2.	Zpracování výsledků	35
3.	E X P E R I M E N T Á L N Í Č Á S T	37
3.1.	STANOVENÍ INDEXU TOKU IT	37
3.2.	STANOVENÍ TOKOVÝCH KŘIVEK A HODNOCENÍ REOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ	39
4.	Z Á V Ě R	79
5.	L I T E R A T U R A	81
6.	S E Z N A M P Ř Í L O H	82

# SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

PE	- polyethylen
IT	- index toku
ITT	- index toku taveniny
T	- absolutní teplota
$T_t$	- teplota taveniny
$T_f$	- teplota formy
$T_g$	- teplota zeskalnění
D	- smyková rychlost
$D_0$	- pracovní průměr komory
$D_1$	- pracovní průměr pístu
$D_2$	- pracovní průměr trysky
$\beta$	- koeficient tekutosti
$\tau$	- smykové napětí
t	- časový interval mezi dvěma odříznutími vzorku
p	- vstřikovací tlak
V	- objem taveniny
Q	- objemová průtoková rychlost
$m_1$	- hmotnost čtecího kruhu
$m_i$	- hmotnost přídatného závaží
$\eta$	- viskozita
E	- aktivační energie viskozního toku
S	- referenční čas
m	- index mocninového zákona
n	- index toku
K	- index konzistence
PE - HD	- vysokohustotní, nízkotlaký polyethylen
PE - LDD	- lineární, nízkohustotní polyethylen
PE - UHMW	- polyethylen s vysokou molární hmotností
PVC	- polyvinylchlorid
EVA	- kopolymer ethylenu s vinylacetatem
TPO	- termoplastické polyolefinické elastomery
L	- délka cejchované dráhy pístu
$L_0$	- délka trysky

## 1. Ú V O D /1,2/

Klíčovým bodem, který více či méně určuje stav využití odpadů jako zdrojů druhotných surovin v národním hospodářství je vyjádření ekonomické efektivity druhotných surovin.

Z hlediska původu rozlišujeme odpad technologický, průmyslový a komunální.

Technologické odpady zahrnují poměrně čistý odpad vznikající při výrobě, což je případ, se kterým se budu zabývat ve své práci.

Průmyslový odpad tvoří vratný odpad od velkooběratelů, např. z průmyslu, zemědělství, obchodu.

Komunální odpad je sběrový plastový odpad od obyvatelstva.

Opětne zavádění sekundárního materiálu, jakožto suroviny do výrobní sféry, tzv. recyklace není novinkou. Až na výjimky se uskutečňuje po předchozí úpravě odpadu a jeho přepracování na druhotnou surovinu. Recyklace je proces substituce prvotních surovin druhotnými a představuje kvantitativně-kvalitativní vztah. O kvalitě substituce prvotních surovin druhotnými rozhoduje jejich určující znaky. Rovnocenná substituce představuje použití druhotné suroviny od výrobku, ze kterého druhotná surovina vznikla. X

Vlastní recyklace je vždy podmíněna nějakým zásahem do výrobní technologie, použité techniky nebo do organizace výrobního procesu. Je třeba pohlížet na velmi početné snahy o co nejširší opětne využití upotřebených plastů. Tento problém se stal v posledních letech stále naléhavějším v neposlední řadě proto, že výroba plastů a jejich používání zaznamenaly a zaznamenávají ve světovém měřítku obrovské roční přírůstky a výrobky z plastů pro jednorázové použití putovaly v rostoucím rozsahu do odpadků nebo byly naváženy na speciální skládky. Jelikož vynikající vlastnosti běžně používaných plastů je jejich stálost a je známo, že se přírodními vlivy téměř nerozkládají, vede to neodvratně ke zvyšování ekolo-



gické zátěže.

Úsilí o sekundární využití plastů je proto zaměřeno na to, aby byly především upotřebené termoplasty využity nejen pro získávání energie spalováním ve spalovacích odpadků, nýbrž pokud možno i pro opětovné uplatnění v materiálovém hospodářství. A kdyby to bylo možné, i v několika cyklech.

Mají-li být znovu využity směsi termoplastů nedefinovaného složení a znečištění, nastávají problémy. Pokusy s opětovným zpracováním takovýchto směsí plastů přetavením bez jakékoliv předchozí úpravy a čištění vykazovaly zcela neuspokojivé výsledky, neboť umožňovaly pouze zhotovování vylisků s vlastnostmi velmi nízké úrovně ke zcela podřadným účelům. Byly pokusy obejít tyto těžkosti tím, že se pro takovéto směsi použilo pyrolýzy nebo hydrolyzy. V obou případech však využitelnost materiálu dosahuje pouze velmi malého procenta. Z výzkumných prací na této tématice v NDR koncem 70. let vyplynulo, že pokud má být odpad znovu zpracován přes taveninu, lze získat ze směsí plastů poměrně vysoce kvalitní sekundární hmoty, pouze po rozdělení těchto směsí na polyolefiny a polyvinylchlorid a po vyčištění složek.

Cílem této práce je zjistit u technologického odpadu vznikajícího při výrobě změny tokových vlastností a hodnocení reologických vlastností termoplastu. Spočívá to ve zjištění indexu toku taveniny, stanovení tokových křivek.

## 2. T E O R E T I C K Á Č Á S T

### 2.1. TECHNOLOGICKÉ A MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI POLYETYLÉNU

#### 2.1.1. Materiál a jeho vlastnosti

Jako referenční plast byl použit Liten ZS 70, což je lineární polyetylén pro vyfukování. Je to kopolymer s velmi vysokou molekulovou hmotností, určený pro vyfukování velkých nádob. Dodává se ve formě stabilizovaného prášku.

Je vhodný pro všeobecné použití, při němž dochází ke styku s poživatinami.

Hodnoty indexu toku teveniny  $8 \pm 11$  g/10 min.  
hustota  $0,948 \pm 0,955$  g/cm<sup>3</sup>.

Liten je termoplast při normální teplotě tuhý, bez chuti a zápachu, s voskovým omakem. Z jeho nepolárního charakteru a v důsledku linearitý řetězce vyplývá pro Liten řada typických vlastností: vysoký stupeň krystalinity, vynikající chemická odolnost, antiadhezivní chování, výborné elektrické a dielektrické vlastnosti a další.

Polyetylen Liten lze zařadit mezi tzv. konstrukční termoplasty, i když jeho pevnost a tuhost za normální teploty požadavky kladené na konstrukční termoplasty nespĺňují. Vezmeme-li v úvahu jeho ostatní vlastnosti (nízká měrná hmotnost, chemická odolnost, elektrické vlastnosti) a zejména odolnost k rázu při nízkých teplotách, lze právě v těchto oblastech ztížených podmínek Liten velmi úspěšně používat. Mimo to celá řada aplikací v oblasti spotřebního zboží si neklade nároků např. na velmi přesné provedení ani na vysokou tuhost materiálu a Liten zde bezpečně vyhovuje. K těmto kladům pak přistupuje i výhodná cenová relace ve srovnání s jinými plasty a jeho snadná zpracovatelnost.

Na základě současného stavu znalostí lze co nejobecněji polymerní směs definovat jako kondenzovanou soustavu různých druhů polymerních molekul, přičemž se mezi nimi nevylučuje možnost chemické vazby. Největší praktický význam mají pak směsi ve skupenství pevném. Vlivem vysoké molární hmotnosti polymerů rozhoduje o jejich případné mísitelnosti velikost přitažlivých sil mezi makromolekulami obou polymerních druhů. Směsi, v nichž je alespoň jeden polymer krystalizující, patří mezi nemísitelné.

### 2.1.2. Obecná charakteristika polyetylenu (PE) /3/

PE je obecně nepolární krystalizující termoplast s vysokou chemickou odolností, odpuzující vodu, odolný vůči většině běžných chemikálií a rozpouštědel. Je fyziologicky nezávadný. Dodává se v přírodní barvě nebo pigmentovaný, stabilizovaný granulát, PE - HD (vysokohustotní, nízkotlaký), PE - LLD (lineární nízkohustotní) také jako hrubý prášek. Také jako jemnozrnný, mletý nebo předsrážený prášek, nebo s nadouvadlem pro strukturní pěny.

#### Polyethylen (PE)

Strukturní jednotka:  $- \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$

Základní chemická struktura řetězce:  $- \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$   
 $- \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$

Vyrábí se polymerací ethylenu  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ .

Podle způsobu provedení polymerace se získávají různé varianty základní chemické struktury řetězce, vedoucí ve svém důsledku k různým typům polyethylenů, lišících se svými vlastnostmi, způsobem zpracování a možnostmi použití.

PE lineární (vysokohustotní, nízkotlaký) PE - HD, HDPE

Vytváří lineární makromolekulu řídce větvenou krátkými jednoduchými větvemi (5 větví na 1000 atomů uhlíku):



obr. 1 Lineární PE vysokohustotní a jeho makromolekula

Hustota:  $0,94 \text{ g cm}^{-3}$  (až  $0,97$ )

Má nejvyšší hustotu ze všech polyethylenů i polyelefinů.

Molární hmotnost: 250 000

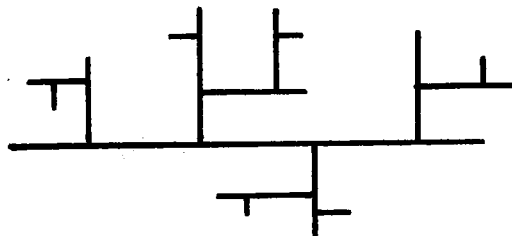
Teplota tání:  $130$  až  $135^{\circ} \text{C}$

Index toku taveniny:  $(190/2, 16) : 8$  až  $0,4 \text{ g/10 min.}$  X

Stupeň krystality:  $60$  až  $80 \%$

PE rozvětvený (nízkohustotní, vysokotlaký) PE - LD, LDPE

Vytváří lineární makromolekulu častěji rozvětvenou delšími, opětovně větvenými větvemi (8 až 40 větví na 1000 atomů uhlíku):



obr. 2 Rozvětvený PE a jeho makromolekula

Molární hmotnost: 20 000 až 50 000

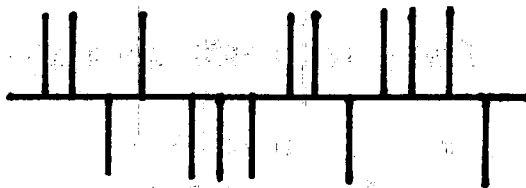
Teplota tání:  $105$  až  $110^{\circ} \text{C}$

Index toku taveniny:  $(190/2, 16) : 22$  až  $0,1 \text{ g/10 min.}$

PE lineární (nízkohustotní) PE - LLD, LLDPE

Vytváří lineární makromolekulu hustě větvenou krátkými lineárními úseky (100 čtyř až osmiuhlíkových větví na 1000 atomů uhlíku):

Hustota: 0,913 až 0,928 g cm<sup>-3</sup>



obr. 3 Lineární PE nízkohustotní a jeho makromolekula  
Polyethylen s vysokou molární hmotností PE - UHMW, UHMWPE

Jedná se o extrémně dlouhou makromolekulu o molární hmotnosti 3 až 6 milionů:

Hustota: 0,935 g cm<sup>-3</sup>

Teplota tání: 135 až 138°C

Index toku taveniny (190/5): menší než 0,01 g/10 min.

2.1.3. Základní přednosti a odlišnosti jednotlivých typů:

PE - HD (lineární, vysokohustotní) - má vyšší modul pružnosti, pevnost a tvrdost, lepší chemickou odolnost, lepší tvarovou stálost, za tepla, snáší vroucí vodu.

PE - HD (rozvětvený) - je měkčí, ohebnější, má lepší rázovou i vrubovou houževnatost, nižší teplotu křehko - tažného přechodu.

PE - LLD - má ve srovnání s rozvětveným polyethylenem o stejné hustotě a indexu toku taveniny zvýšenou pevnost v tahu, rázovou houževnatost i při nižších teplotách, lepší odolnost proti korozi na napětí.

PE - ÚHMW - má vyšší pevnost (při rostoucích teplotách), vysoce houževnatý v širokém teplotním oboru a nepodléhá téměř korozi za napětí. Má výborné třecí a kluzné vlastnosti spojené s nízkým opotřebením.

#### 2.1.4. Zpracování jednotlivých typů PE

Vhodnost jednotlivých typů PE ke zpracování je dána především jejich indexem toku taveniny (ITT). V zásadě platí pravidlo, že čím vyšší molární hmotnost, tím nižší je ITT. Tekuté typy PE s vyšším ITT se používají pro vstřikování, naopak pro vytlačování a vyfukování jsou vhodné typy s nižším ITT.

Pro vstřikování se hodí typy s dobrou tekutostí, nejlépe s ITT větším než 2,5, a to jak pro PE - LD, tak pro PE - HD. Přednost mají typy s užší distribucí molárních hmotností. Pro vytlačování se používají PE - LD i PE - HD s vyšší molární hmotností o ITT 0,5 až 0,1. Pro vyfukování fólií převažuje použití PP - LD s hustotou  $0,918 \text{ g cm}^{-3}$  a ITT 0,5 až 0,2. Pro vyfukování nádob se používají typy s vyšší viskozitou taveniny (ITT 2 až 0,2). Z PE - LD se získávají měkké lahve a kanystry až do 200 l objemu. Pro nádrže na pohonné hmoty je lépe použít PE - HD o hustotě  $0,94$  až  $0,96 \text{ g cm}^{-3}$  a ITT 1 až méně než 0,1.

PE - LLD je v důsledku úzké distribuce molárních hmotností pro vyfukování nádob nevhodný.

#### 2.1.5. Modifikace PE

Přizpůsobení vlastností PE k určenému použití zajišťují rozmanité způsoby modifikace.

Mírné zesíťování (esi 5 uzlů na 1000 atomů C)

Zvyšuje životnost PE, jeho odolnost proti nárazu při

nízkých teplotách a korozi za napětí. Krátkodobě snese teploty do 200° C.

### Chlorovaný PE

s 25 až 40 % Cl je ohebný materiál, a to i při nízkých teplotách. Používá se jako modifikátor jiných polymerů, snižuje zápalnost PE, zvyšuje houževnatost PVC, přidává se k recyklovanému odpadu.

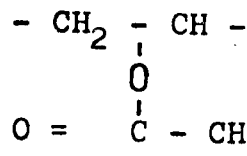
### Polární kopolymery ethylenů

Používají se jako ohebné a přilnavé vrstvy na kovy, sklo, papír. Jsou to kopolymery ethylenů s takovými polárními monomery jako jsou estery, anhydridy kyselin, alkoholy.

Nejznámějším je EVA - kopolymer ethylenů s vinylacetátem. EVA obsahuje tyto 2 strukturní jednotky:



ethylenová



vinylacetátová

Polární vazby omezují krystalizaci, ale působí síťujícím účinkem = výsledek je houževnatý plast.

Termoplastické polyolefinické elastomery (TPO), další modifikace jsou vytvářeny:

- vytváření strukturních pěn přidávkem nadouvaděl
- vytváření kompozitů - přídavek univerzálních plniv
- vytváření polymerních směsí a slitin za účelem modifikace užitečných vlastností a zpracovatelnosti.

## 2.2. TECHNOLOGIE VYFUKOVÁNÍ /4,5/

Dutá tělesa jako jsou lahve, kanystry, sudy, ale i kropicí konve a dětské hračky se nejčastěji zhotovují vyfukováním. Pod vyfukováním rozumíme takové postupy, při nichž je vhodný polotovár z termoplastu tvarován ve vyfukovací formě pomocí tlaku vzduchu do tvaru otevřeného nebo uzavřeného tělesa. Plast musí být zahřát do visko-elastického stavu, kdy hmota vykazuje značnou tvarovatelnost, ale přitom si udržuje potřebnou soudržnost. Podle tvaru polotovaru lze postupy rozdělit na výrobu těles vyfukováním fólií a výrobu vyfukováním trubkového předlisku. Dle způsobu, jak je trubkový předlisek získán, je možno druhou technologii členit na postupy založené na vstřikování a na vytlačování plastu.

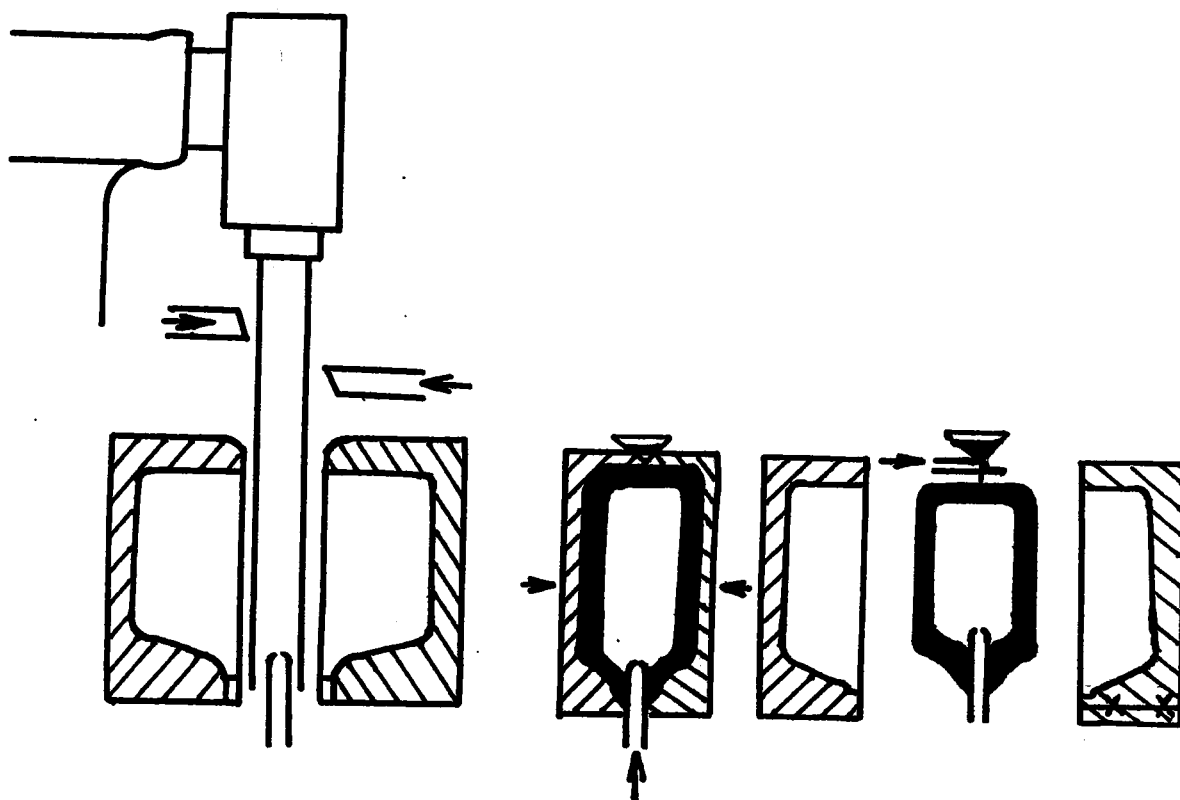
### Vytlačovací vyfukování

Vytlačovacím vyfukováním se dnes vyrábí cca 90 % dutých těles z plastů, přičemž největší nádoby dosud vyrobené (nádrže na topné oleje) mají objem 10 000 l a hmotnost 180 kg. Touto technologií se zpracovávají především polyolefiny (LDPE, HDPE, PP), které představují cca 75 až 80 % produkce, dále PVC (15 %). Zbytek tvoří polyformaldehyd, polykarbonát, polystyren a styrenové kopolymery a polyethynglykoltereftalát.

Postup výroby je následující: Na vytlačovacím stroji opatřeném příčnou hlavou s kruhovou hubicí se vytlačuje trubka potřebného rozměru, a to mezi otevřené části vyfukovací formy. Tato trubka v plastickém stavu se nazývá parizon. Jakmile parizon dosáhne požadované délky, fotobuňka dá impuls k zavedení formy a současně se do parizonu zasune zespoda trn, kterým se vylisuje po zavření formy otvor v hrdle budoucí lahve. Mezi trnem a čelistmi se současně vylisují i závity na hrdle. Na opačném konci se mezi svařovacími čelistmi formy trubka pevně svaří. Stlačeným vzduchem, který se přivádí



trnem, tedy z opačné strany než je vytlačovací hubice, dojde k vyfouknutí parizonu. Po ochlazení hmoty se forma otevře a současně se automaticky oddělí přebytečný materiál, který zbývá jak u dna tak u hrdla lahve. Tento systém vyvinula firma Kantex a jeho princip je na obr. 4.



obr. 4 Výroba dutých těles vyfukováním parizonu

U systému Plex probíhá vyfukování parizonu přes trn umístěný na straně hubice, zatímco dno se vytváří na opačném konci. Parizon je nejprve oddělen od vytlačovací hlavy vyfukovací formou, která ihned odjede z prostoru pod hlavou, aby uvolnila místo další vytlačované hmotě. Potom je shora do otvoru parizonu vtlačen trn, který jednak parizon utěsní, jednak vylisuje hrdlo se závitem a konečně umožňuje přívod stlačeného vzduchu. Parizon je možno také vyfukovat tak, že po jeho sevření čelistmi formy na obou koncích se stlačený vzduch přivádí jehlou, která se do parizonu vpichuje v jeho části těsně nad hrdlem budoucí lahve. Tato část se později odřízne.

Při vytlačování trubky nepřímou hlavou je vertikálně vytlačovaný parizon zpracováván několika způsoby.

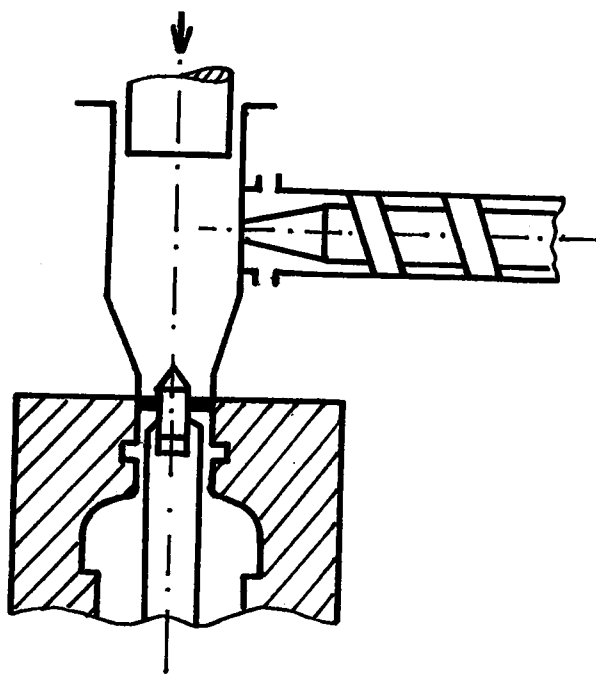
Při jednom řešení je otevřená forma zvednuta pod hlavu šnekového vytlačovacího stroje a uzavře do sebe odpovídající kus parizonu. Ten je vzduchem přiváděným spodem vyfouknut a chlazen ve formě. Přitom forma sjíždí dolů tak, aby šnekový vytlačovací stroj mohl mezitím vytlačovat parizon pro další výrobek do volného prostoru. Při dojetí do spodní polohy se forma otevře, výlisek je vyhozen a otevřená forma se rychle vrátí pod hlavu stroje pro další parizon. Tento cyklus se opakuje. Jiné řešení spočívá v tom, že formy jsou uspořádány do kolíčky, tedy tak, že zatímco v jedné formě chladne vyfouknutý výlisek, druhá forma je plněna parizonem.

Může být volena i úprava, kdy stroj pracuje se dvěma hlavami a dvěma formami tak, že plast je ve šnekovém vytlačovacím stroji připravován kontinuálně a je automatickým rozvaděčem střídavě přiváděn do jedné nebo druhé hlavy. Zatímco jedna forma je plněna, v druhé formě se výlisek vyfukuje a chladí.

Pro přípravu taveniny plastu se používají pomaloběžné vytlačovací stroje o průměru šneku 30 až 250 mm a délce šneku 20 D až 25 D. U polyolefinů se osvědčují šneky s dráž-

kovou vstupní částí a s míchacími a hnětacími díly. Objevují se i šneky stavebnicové konstrukce, které umožňují snadné přizpůsobení šneku vlastnostem polymeru.

Tangenciální úprava žebér zabraňuje vytvoření slabých míst navytlačované trubce. Přímým vytlačováním parizonu se vyrábějí lahve do objemu asi 5 litrů. Při výrobě větších nádob by však vytlačování trvalo příliš dlouhou dobu, takže by se parizon jednak ochlazoval a jednak by se vlastní tíhou protahoval. Jak jeho nerovnoměrná teplota, tak protahování by mělo nepříznivé důsledky pro rovnoměrnou tloušťku stěny. Proto se velké nádoby vyrábějí na vytlačovacích strojích opatřených zásobníkem hmoty (obr. 5).



obr. 5 Vytlačovací stroj opatřený zásobníkem hmoty

Zplastikovaná hmota se nejprve vytlačuje šnekem do vertikálního zásobníku, kde se hromadí, zatímco láhev vyrobená v předcházejícím cyklu chladne ve vyfukovací formě. Jakmile se forma vyprázdní, je hmota připravená v zásobníku pohybem písku vytlačena během několika sekund mezi čelisti vyfukovací formy. Tam probíhá vyfukování běžným způsobem.

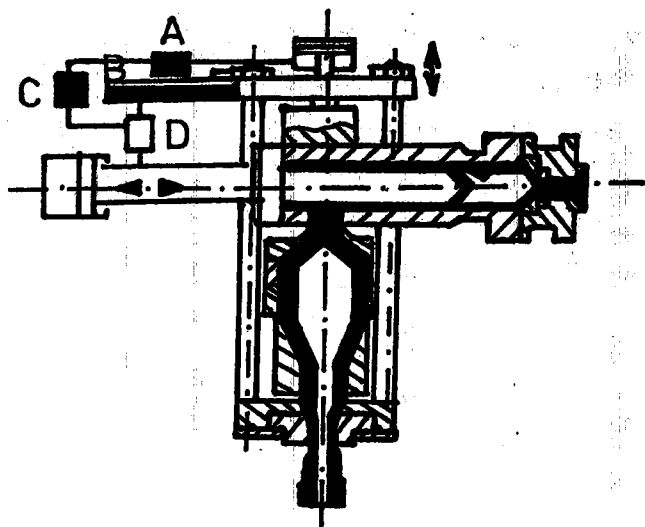
U lahví střední velikosti se používají také vytlačovací stroje, u nichž se zplastikovaná hmota hromadí v prostoru před šnekem, který během otáčivého pohybu ustupuje v axiálním směru dozadu, jako je to i u vstřikovacích šnekových strojů. Vytlačovací hlava musí být v tomto případě opatřena uzavíratelnou tryskou, která se otevře teprve po vytvoření potřebné zásoby a po uvolnění formy. Pohyb šneku dopředu se hmota vytlačí do formy. Rotační pohyb šneku se při tom nepřerušuje.

Zařízení pro vyfukování lahví se tedy skládá z vytlačovacího stroje, většinou horizontálního, vybaveného příčnou vytlačovací hlavou s kruhovou hubicí a trnem a z vyfukovací jednotky sestávající ze zavíracího a vyfukovacího mechanismu včetně vyfukovací formy. V případě použití vertikálního vytlačovacího stroje je pracovní válec zakončen příčnou hlavou, což je výhodné u plastů s malou tepelnou stabilitou jako je PVC, protože takové poměry jsou v přímé hlavě příznivější. Plastikační kapacita vytlačovacího stroje musí být v souladu s kapacitou vyfukovací jednotky. Protože vytlačovací jednotka pracuje kontinuálně, používá se u strojů s velkým vytlačovacím výkonem několik vyfukovacích forem, které parizon odebírají postupně, anebo se použije vícenásobné formy.

Zařízení na výrobu lahví musí splňovat tyto požadavky: Teplota pracovního válce i šneku musí být regulovatelná. Vytlačovací hlava musí umožňovat správné nastavení tloušťky stěny parizonu, s čímž souvisí i možnost výměny hubice s trnem, aniž by bylo nutno demontovat celou hlavu. Také hlava má být vybavena snímačem teploty a podle možnosti i snímačem tlaku. Stroj musí pracovat bez pulzací, aby měl parizon konstantní průřez. Parizon nesmí obsahovat zjevné defekty,

jako bubliny nebo neroztavený materiál. Zavírací jednotka vyfukovacího zařízení musí být konstruována tak, aby výměna forem byla co nejjednodušší. Uzavírání formy, které se většinou provádí hydraulicky, musí formu přidržovat v zavřeném stavu takovou silou, aby nedocházelo k jejímu pootevření. Tato síla je však mnohem menší než u forem pro vstřikování.

Moderní stroje umožňují měnit podle zvoleného programu tloušťku parizonu v závislosti na jeho délce, takže lze na výrobku dosáhnout rovnoměrné tloušťky stěny bez ohledu na různé rozšíření parizonu. Tloušťka stěny parizonu se nastává axiálním pohybem trnu v hubici nebo naopak pohybem hubice při konstantní poloze trnu. Princip regulace je znázorněn na obr. 6.



obr. 6 Princip regulování tloušťky stěny parizonu

- A, C - prvky ovládající pohyb hubice
- B - šablona
- D - snímač

Při určování tloušťky stěny parizonu se musí pamatovat na to, že taveniny vlivem stlačitelnosti po opuštění hubice zvětšuje svůj objem a narůstá jak průměr parizonu, tak i jeho tloušťka. Toto narůstání závisí na druhu plastu i na technologických podmínkách. U polyethylénu činí zvětšení obou veličin proti rozměrům hubice téměř dvojnásobek.

Tvarové části forem se dělají ocelové nebo se odlévají z hliníku. Chlazení je zajištěno chladícími kanálky, kterými protéká voda. Chlazení vyfouknutého výrobku je operace, která určuje výkonnost celého zařízení. Zkrácení chladící doby vyžaduje především účinné chlazení formy. Další možnosti v tomto směru je vnitřní chlazení vzduchem, popř. vodní mlhou. Nastříkávání kapalného dusíku či oxidu uhličitého podstatně zkracuje chladící dobu.

Vyfukovací stroje jsou v dnešní době vybavovány řadou mechanizačních a automatizačních prvků. Tak např. vyfouknuté lahve jsou po kontrole těsnosti a tloušťky stěny ukládány bez zásahu obsluhy do kartonů. Obdobně se automaticky zpracovává odpad, který vzniká oddělením zbytku parizonu od výrobku apod. Stejně je automaticky řízen celý vyfukovací cyklus. Ve vzrůstající míře se objevují mikropočítačové systémy, které řídí celý proces výroby.

Nevýhodou vytlačovacího vyfukování je poměrně malá přesnost výrobků, hlavně hrdel lahví a poměrně velký odpad, který vzniká při uzavření parizonu do formy. Nevýhodné je i to, že na dně nádoby vzniká svár.

Kromě přípravy dutých těles vytlačovacím vyfukováním existují další dva způsoby: vstřikovací vyfukování a vyfukování s dloužením, které nejsou ovšem předmětem mé práce, a proto se jimi podrobně zabývat nebudu.

### 2.3. KONCEPCE VÝROBNÍ LINKY

Zájmem chemického a automobilového průmyslu je vyvinout ke zpracování plastických hmot recyklační strategie.

Regenerát má cenu 1/3 originálu, což činí např. u recyklačních zařízení pro odsávací zařízení ušetření 14 mil. DM. /6/ Takže kalkulace to dělá 2 DM na 1 kg.

Technologie recyklační linky se skládá z těchto hlavních operací:

- příprava odpadu
- doprava odpadu do mlýnů
- drcení odpadu
- praní a sušení odpadu
- aglomerace
- flotační zařízení
- skladování v zásobnících
- extruhování regranulátu.

Přívod regenerátu, základního materiálu a barviva do směšovacího zařízení AZOMAT, kde dochází k objemovému směšování.

Odtud jde materiál do vlastní vyfukovací formy, kde dojde k vyfouknutí požadovaného tvaru a výrobek přechází na měřicí a kontrolní jednotku a odtud na kotoučový systém chlazení.

Následuje navařování zbývajících částí a výstup hotového výrobku.

Poměr množství z originálu a regenerátu nám určí výsledné tokové vlastnosti směsi. Kontrolním zařízením AZOMAT se řídí a kontroluje dávkování přístroje typu AZOMAT 200 až 380, které se skládají z maximálně 4 dávkovacích jednotek a míchačky.

Varianta 2, která bude dále uváděna je s automatickým výpočtem počtu komor. Při uvedení do provozu se zadávají následující hodnoty: - čas a datum

- jazyk
- číslo přístroje
- intervalové dávkování (vyp. = 0/zap.  
= 1)

Bez intervalového dávkování nabíhají menší složky podle poměru k největší složce a kvůli tomu také budou dříve hotové. Při intervalovém dávkování se zapínají a vypínají menší složky podle podílu od začátku do konce. Bez intervalového dávkování nabíhá druhá složka teprve tehdy, až bude odpracováno už 10 komor první složky. Bude hotova, až bude odpracováno 30 komor první složky. S intervalovým dávkováním odstartují obě současně. První složka běhá průběžně, u druhé složky se odpracuje jen komora první složky, nabíhá potom zase na jednu komoru a zase zastaví. Tak se rozloží menší složka přes celou dobu dávkování větší složky.

Doba míchání a přestávka (0 - 99,9 sek.). Během dávkování míchadlo v míchačce stále pracuje. Po aktivním startu se řídí intervaly míchání přes tyto časy.

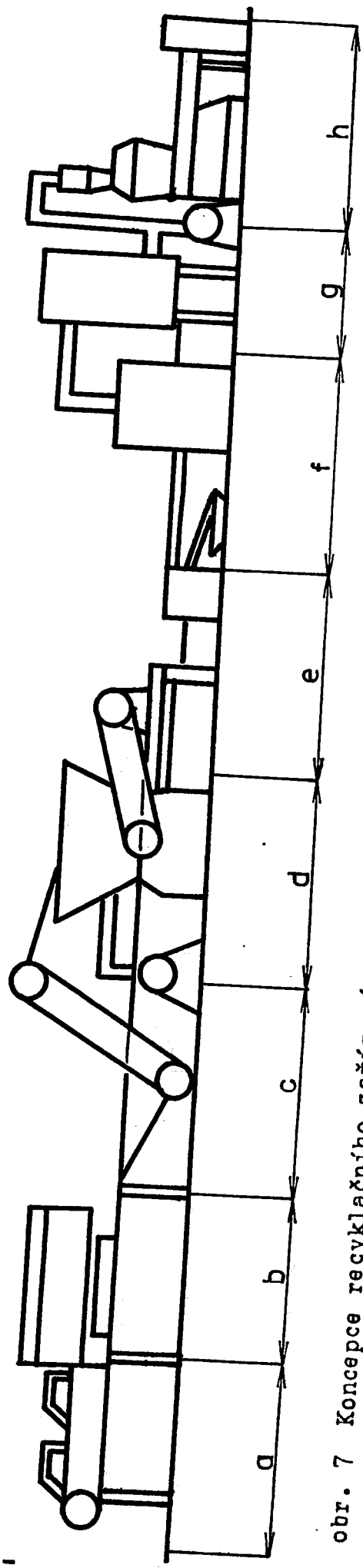
Mám-li materiál, který byl už jednou v provozu, a u kterého je sypná hmotnost známa, udávám tuto hmotnost v g/komora. Jinak se sypná hmotnost v g/komora určuje pro každou z těch čtyř dávkovacích jednotek při změně materiálu podle popisu cejchování.

### 2.3.1. Dávkování

Před startem dbám na následující:

- v dávkovacích jednotkách musí být připraven materiál



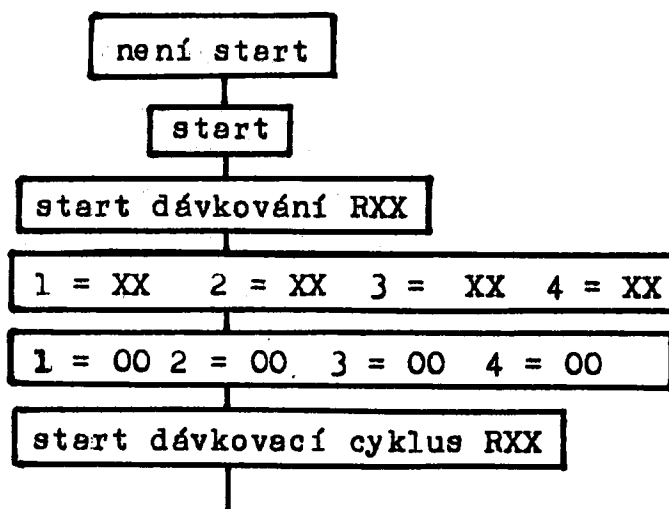


obr. 7 Koncepce recyklačního zařízení

- e - přívod demontovaných zařízení;
- c - dopravník;
- e - flotační zařízení;
- g - zásobník;
- b - prací zařízení s vodním zpracováním;
- d - nožový mlýn;
- f - termické sušení;
- h - extruhování regranulátu.

- míchačka nesmí být plná
- víko míchačky musí být zavřeno
- požadovaný recept musí být aktualizován vydáním receptu, tzn. musí být převzat do pracovní paměti

2



stlačit

ca 1 sec, indikace aktuálního čísla receptu  
 probíhá dávkování, počítadla počítají podle počtu komor (dolů) až na nulu

atd., dokud existuje požadavek, se dávkování odstartuje stále znovu. Může být přerušeno tlačítkem "stop". Dostaneme se zpátky do základní polohy "není start".

Novým startem se doplňuje recept, který event. ještě nebyl doplněn (pokud se nekonal - změnu receptu nebo nebyl - vyvoláno cejchovací nebo ruční mode).

### 2.3.2. Zapojení s regenerátem

#### Použití

Toto zapojení se používá v případě přimíchání různých procent regenerátu k receptu, nezávisle na uskutečňující se výrobě.

#### Zařízení

Dva snímače v nádobě s regenerátem řídí volba receptu. Vždy patří dva recepty k sobě (např. recepty 1 a 2, recepty 3 a 4 atd.), takže jeden s menším podílem regenerátu (např. recept 1) a jeden s vyšším podílem (např. recept 2).

#### Funkce

Po dosažení Max - snímače v nádobě s regenerátem zóna odpracování receptu s vyšším podílem regenerátu; zvýší se spotřeba regenerátu. Po překročení Min - snímače se přepíná zařízení na recept s nižším podílem regenerátu; přimíchá se méně regenerátu.

#### Funkce a zapojení Max - Min - snímače

Max.- snímač v nádobě s regenerátem

- funkce: výstup + 24 V; připojení na druhou kartu vstup - výstup, na vstup E 13.

Min. - snímač v nádobě s regenerátem

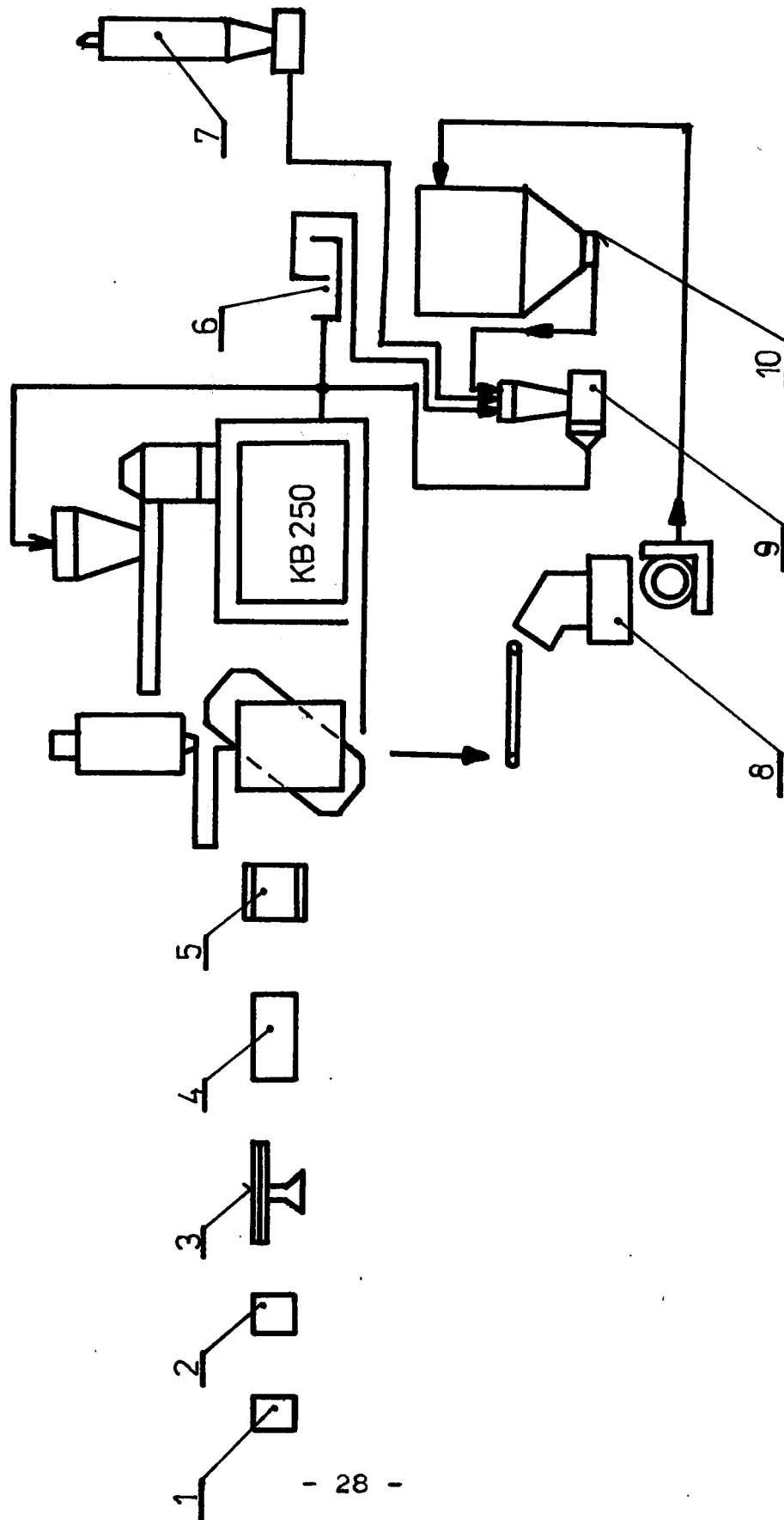
- funkce: výstup + 24 V; připojení na druhou kartu vstup - výstup na vstup E 14

- stav: "regenerát zapnout" se signalizuje přes výstup A 10 a + 24 V.

## Indikace

Po zapínání kontrolního zařízení se objeví podle software - variace také indikace "regenerát aktivní".

Vytáhnutím klíčového spínače se zablokují funkce zadání receptů, zadání parametrů a cejchování. Proto nemůže docházet ke změnám dat v paměti nepovolenými osobami.



obr. 8 Technologické schéma výroby palivových nádrží

- 1 - zkoušení na propustnost, 2 - frézování, vrtání, svařování, 3 - tvorová stabilizace, 4 - jáha s tiskárnou, 5 - odstranění přetoků, 6 - barvivo, 7 - originální materiálu, 8 - zpracování vřetného odpadu, 9 - směšovací dopravní zařízení AZOMAT, 10 - zásoba regenerátu