



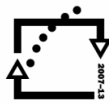
evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



ZÁPADOČESKÁ  
UNIVERZITA  
V PLZNI

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Projekt CZ.1.07/2.2.00/15.0383  
Inovace studijního oboru Dopravní a manipulační technika  
s ohledem na potřeby trhu práce

## **Materiály nekovové**

### **Část 2 - Zpracování**

Doprovodný učební text k předmětu  
KMM/MN – Materiály nekovové

**doc.Ing.Petr Duchek, CSc.**

**2013**

## **OBSAH:**

<b>1. Zpracování polymerů</b>	<b>... str. 1</b>
<b>2. Přípravné zpracování polymerů</b>	<b>... str. 5</b>
<i>Shrnutí základních příprav a operací</i>	<i>... str. 11</i>
<b>3. Zpracování polymerů tvářením</b>	<b>... str. 13</b>
3.1. <i>Lisování (grafická znázornění)</i>	<i>... str. 15</i>
3.2. <i>Válcování (grafická znázornění)</i>	<i>... str. 15</i>
3.3. <i>Vytlačování</i>	<i>... str. 20</i>
3.4. <i>Vstřikování (grafická znázornění)</i>	<i>... str. 27</i>
3.5. <i>Vyfukování (grafická znázornění)</i>	<i>... str. 30</i>
3.6. <i>Válcování (grafická znázornění)</i>	<i>... str. 34</i>
3.7. <i>Tvarování</i>	<i>... str. 25</i>
<i>Shrnutí tvářecích operací</i>	<i>... str. 39</i>
<b>4. Svařování (grafická znázornění)</b>	<b>... str. 41</b>
<b>5. Zpracování polymerů v kapalném stavu</b>	<b>... str. 44</b>
5.1. <i>Potisk (grafická znázornění)</i>	<i>... str. 45</i>

## ZPRACOVÁNÍ POLYMERŮ TVÁŘENÍM

---

Tváření:

Výrobní postup, kterým se mění tvar materiálu působením síly, bez odběru třísky.

Tváření ve stavu

- Kapalném
- Plastickém

*Zkapalnění, plastifikace:*

*Roztavením, rozpuštěním ( v rozpouštědle )*

*Fixace tvaru:*

*Ochlazením, zesíťováním, vytužením*

Rozdělení:

- a) Zpracování za vysokých teplot a vysokého tlaku  
( polymery v plastickém tvaru )
  - Vstřikování
  - Vytlačování
  - Válcování
  - Lisování
- b) Zpracování za nízkých tlaků  
( zpracování kapalných systémů roztoky a disperzí + monomery a oligomery )
  - Lití bloků, dutých těles, fólií,
  - Impregnace, zalévání
  - Vrstvení, natírání, máčení

Přísady užívané pro polymery:

Téměř nikdy se čisté samostatné polymery nepoužívají. Téměř vždy polymerní směsy.

Hmotnostní %:

DSP díly na sto polymerů

DSK díly na sto kaučuků

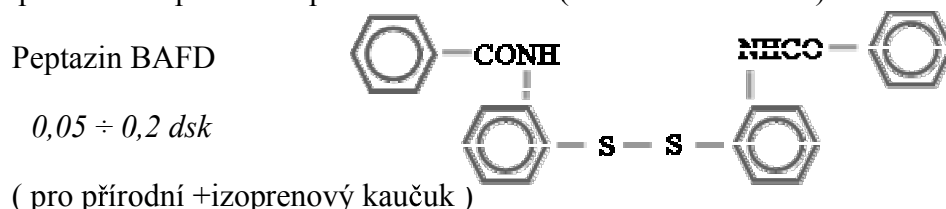
Příčina užívání zpracovatelských přísad:

*Umožňují přípravu či usnadňují zpracování polymerních směsí.*

Složky ovlivňující vlastnosti vzniklé směsi ( výrobků ):

a) Plastická činidla ( peptizační činidla )



Slouží pro první krok zpracování prvotního kaučuku ( intenzivní hnětení )



$1 \div 4 \text{ dsk}$

( pro regeneraci odporu pryže )

b) Maziva

- S vnějším účinkem ( není v roztoku polymeru  )
- S vnitřním účinkem ( obsažen v roztoku polymeru  )

$C_xH_y$  ( vyšší ) mastné kyseliny + soli (  $Ca^{2+}, Zn^{2+}, \dots$  )

+ estery, vosky přírodní i syntetické, těžké alkaloidy, výcesystné alkoholy  
(  $0,5 \div 3$  )

c) Separační činidla

d) Změkčovadla

Zvýšený ohebnosti, tvárnosti, vláčnosti

Převážně pro kaučukové směsi

Estery kyseliny ftalové, odipsoné

e) Tepelné stabilizátory

Umožňují tvarování za tepla a tváření (pro polymery s úzkým rozmezím  $t_{měk}$  a  $t_{roz}$ )

Anorganické teplotní stabilizátory – soli, kyseliny

(  $Pb, Zn, Mg, Li, \dots$  )

Organické tepelné stabilizátory

Organické činitelé  $0,5 \div 5 \text{ dsp}$

f) antydegradany

světelné ( absorpce UV - záření ) stabilizátory  $1 \div 3 \text{ dsp}$

antioxidanty

antyozonanty



## g) síťovací prostředky

Pro kaučuky  $\Rightarrow$  vulkanizacePro reaktoplasty  $\Rightarrow$  vytvrzování

Organické peroxidy,

 $\gamma$  - záření

UV – záření

Účel:

Vyšší tvarová stálost za zvýšené teploty ( izolace kabelů )

Vytvrzovací činidla:

Kyseliny

Aktivátory síťování:

ZnO, PbO

Urychlovače síťování:

Pro sirnou vulkanizaci kaučuku + vytvrzování reaktoplastů

## h) Plniva

Prášek či vlákna

## i) Vyztužovadla

Slouží ke zpevnění daného výrobku z reaktoplastů

( *FF, MF, PES pryskyřice* )

Vláknité + textilní materiály ( celulóza, PA, PES, sklo, kov, papír, ... )

Stále více využívány pro termoplasty ( PE, PVC )

Vrstvené materiály  $\rightarrow$  Lamináty  $\rightarrow$  Kompozity

Polymer

Adhezní vrstva  $\rightarrow$  Apretační činidlo

Vyztužující vrstva

## j) Nadouvadla

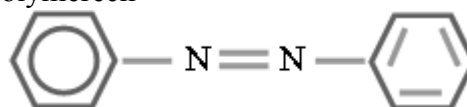
Cíl: Otevřené či uzavřené póry

 $N_2, CO_2$  $(NH_4)_2 CO_2$        $NH_4 H CO_3$  $H_2N-CO-N=N-CO-NH_2$        $t_{roz} = 170^\circ C$ 

## k) Pigmenty

Barevné prášky nerozpustné v polymerech

Křída, sádrovec, grafit

ZnO, TiO<sub>2</sub> ultramarín

## l) Opticky zjasňující látky

absorbují část UV – záření (  $\lambda = 340 \sim 400 \text{ nm}$  )

Vyzáření pohlcené energie po osvětlení =>

Fluorescence(  $\lambda = 430 \sim 460 \text{ nm}$  )

Zpracování textilu, papíru  $10^{-2} - 10^{-3} \text{ dsv}$

## f) Antistatika, adheziva, zhášedla ( retardéry hoření ), plastické trhaviny

## Orientace polymerů

Vystavení velkým a dlouhodobým deformacím

Polymer mění tvar

( změna uspořádání polymerních řetězců )

Provádí se dlužením nad teplotou  $T_g$

Orientované fólie ( filmy )



Zvýšení pevnosti, tuhosti, mechanické tepelné a chemické  
odolnosti + častoprůhlednosti a nepropustnosti vodních par.  
Zejména odolné materiály

Ustalování ( termofixace ) uvolní se napětí vzniklé dlužením dobrá rozměrová  
stálost výrobků.

Smrštitelné fólie

Tvarová ( elastická ) paměť

Při vystavení účinkům zvýšené teploty nastává smrštění fólie ( řetězce  
makromolekul se vrací k neuspořádanému stavu )

Obalová technika

Rozvětvený PE

PVC, PP průhlednější větší smršťovací síla

Polyvinilchlorid, kopolymery více,  $C_2H_2$

PS, PET

Užitý polymerní materiál	Pevnost v tahu [MPa]	Stupeň smrštění [%]	Teplota smrštění [°C]	Teplota svařování [°C]
Rozvětvený PE	12	15 – 40	100 – 120	150 – 200
Zesíťovaný rozvětvený PE	56 - 90	70 – 80	70 – 115	150 – 200
Lineární PE	98 - 130	70 – 80	90 – 140	150 - 200
PP	100 - 190	70 - 80	100 - 165	175 - 200

## *Přípravné zpracování polymerů*

---

Do polymerů a plastů je třeba často přidat a rozptýlit zpracovatelské přísady. Odstranit těkavé podíly a nehomogenity.

- Pro polyofiny, PS + kopolymery, technické plasty

*Většinou výroba*

- Pro zpracování kaučuků

*Většinou zpracovatelské užití.*

Zahrnuté operace:

- Míchání a hnětení
- Granulace
- Tabletování

Doprava surovin:

- Vákuové systémy do cca 100mm
- Hákové systémy do cca 200mm
- Kombinace obou Nejčastěji

Míchání a hnětení:

Obvykle míchání probíhá v tekutině polymeru.

2 typy míchání:

1. Intenzivní míchání

Hmota je ve změkklém či roztaveném stavu, stupeň homogenity závisí na intenzitě smykového namáhání systému.

( kaučuk + saze ve hnětačích)

2. Extenzivní míchání Stupeň homogenity závisí na stupni toku, nebo na vytváření nového povrchu.

( Míchání práškových polymerů s pigmenty )

Extenzivní míchání se objevuje v určité míře na všech intenzivně míchaných systémech. Ne však naopak.

Intenzivní míchání v gumárenské a plastikářské technologii míchání

Hnětení = Plastifikace

Hnětení vysokomolekulárního kaučuku za účelem snížení viskozity

Kaučukové směsi pro náročné aplikace obsahující saze.

Často se míchají ve více stupních.

( míchání => ochlazování => odležení míchání )

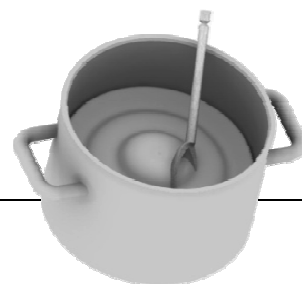
Míchačky:

Stroje určené převážně k extenzivnímu míchání.

Hnětače:

Stroje určené k intenzivnímu míchání. ( hnětení ).

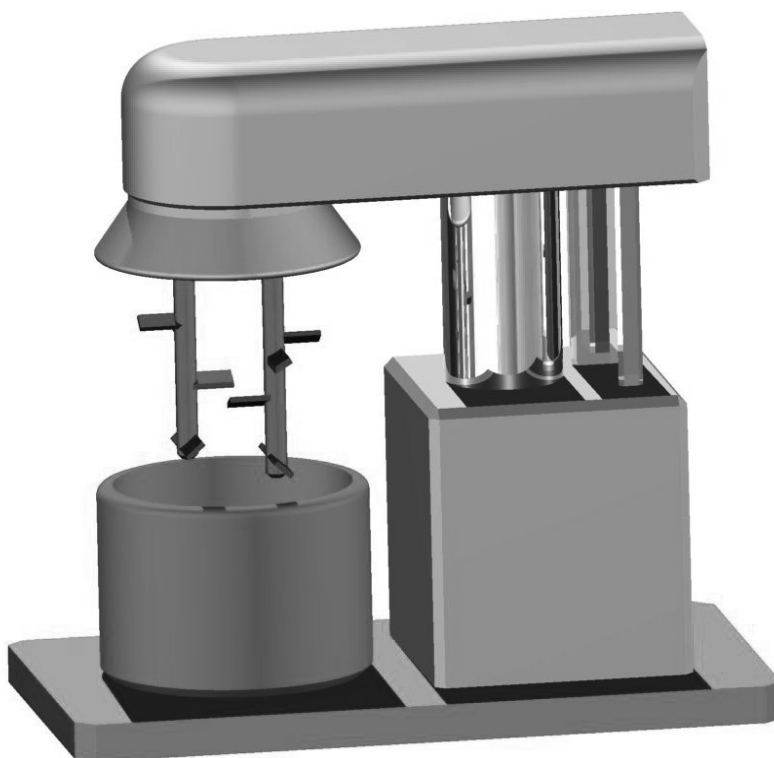
## Míchárna kaučukových směsí



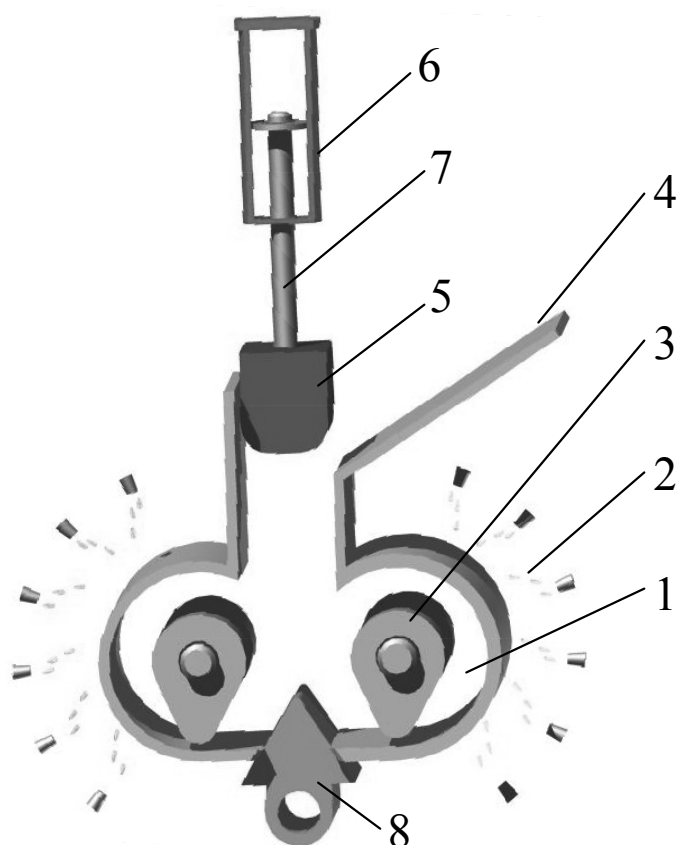
- Horká směs je vypouštěna z hnětače na dvouválec.
- Z něj je vyřezáván pás směsi pro plnění kalandru nebo vytlačovací stroje
- V případě následného použití výtlačného stroje s paletizační hlavou je směs ve formě velkých pelet chlazeno vodní suspenzí separačního prostředku.

Jiná varianta:

1. Směs mezi dva válce ( nebo vytlačování ).
2. Ve formě pásu chlazeného vzduchem( vodní mlhou ).
3. Opatří se separačním prostředkem po vychladnutí se skládá na paletu.

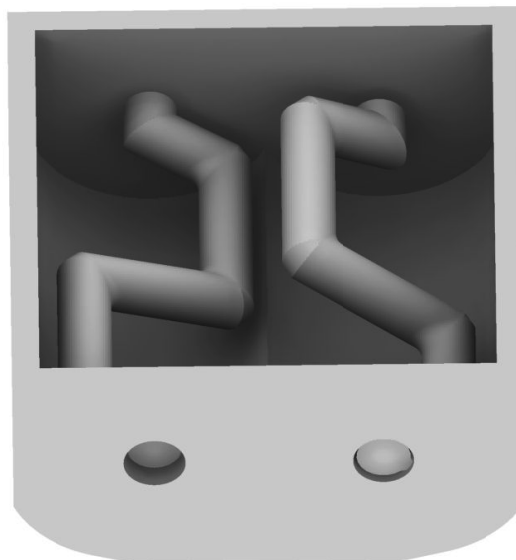


*Pro viskózní kapaliny (PVC, plasty) pro kaučuky*

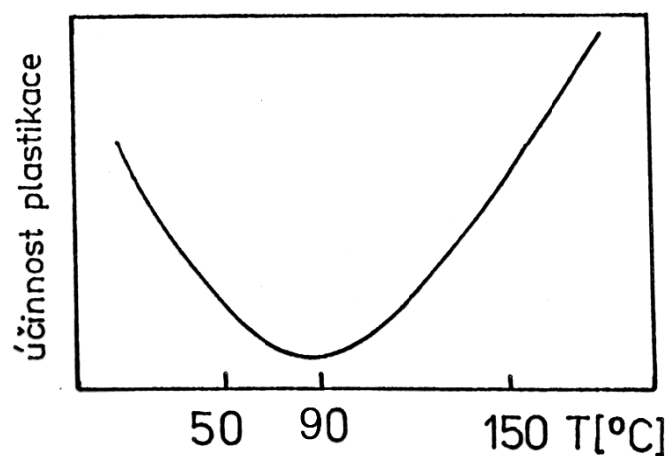


Obr. 1,2 Schéma hnětače a tlakového hnětače

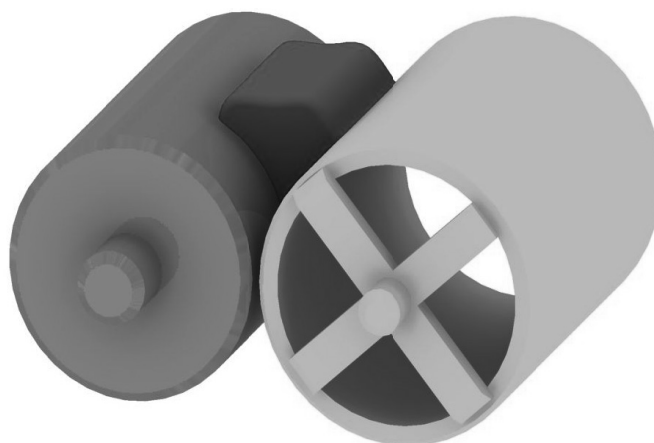
1 – hnětací komora, 2 – chlazení ostřikováním vodou, 3 – hnětadla (rotory), 4 – plnicí násypy  
5 – horní přítlačný klín, 6 ovládací píst přítlačného klínu, 7 pneumatický válec, 8 – spodní vypouštěcí klín.



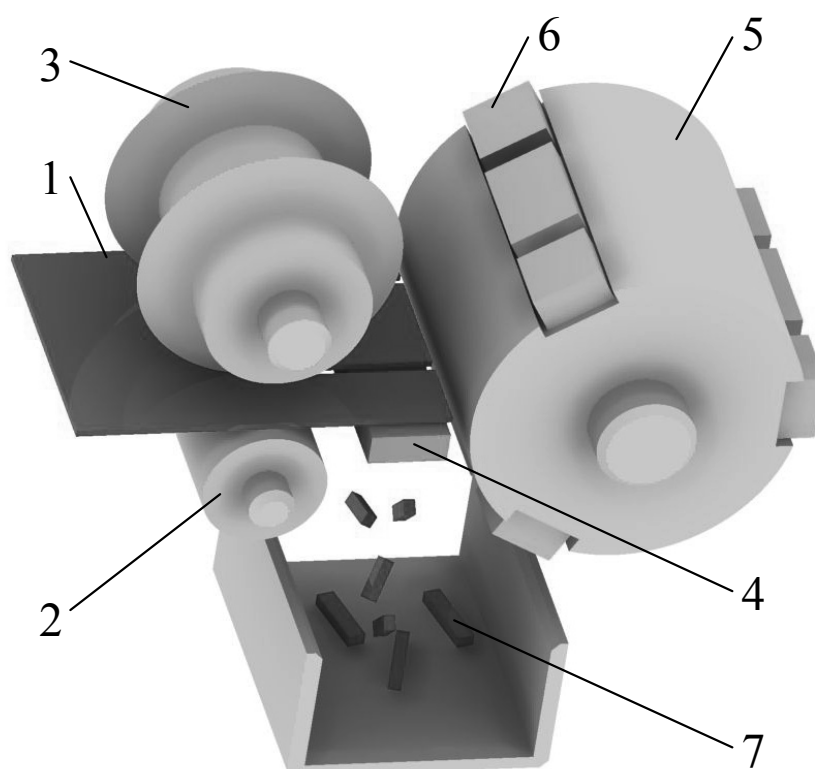
Obr. 3 Schéma dvouramenné míchačky s míchadly tvaru S ( Vyhřívané či chlazené ).  
*Užívané pro nátěrové hmoty, lepidla.*



Obr. 4 Závislost účinnosti plastifikace kaučuku na teplotě



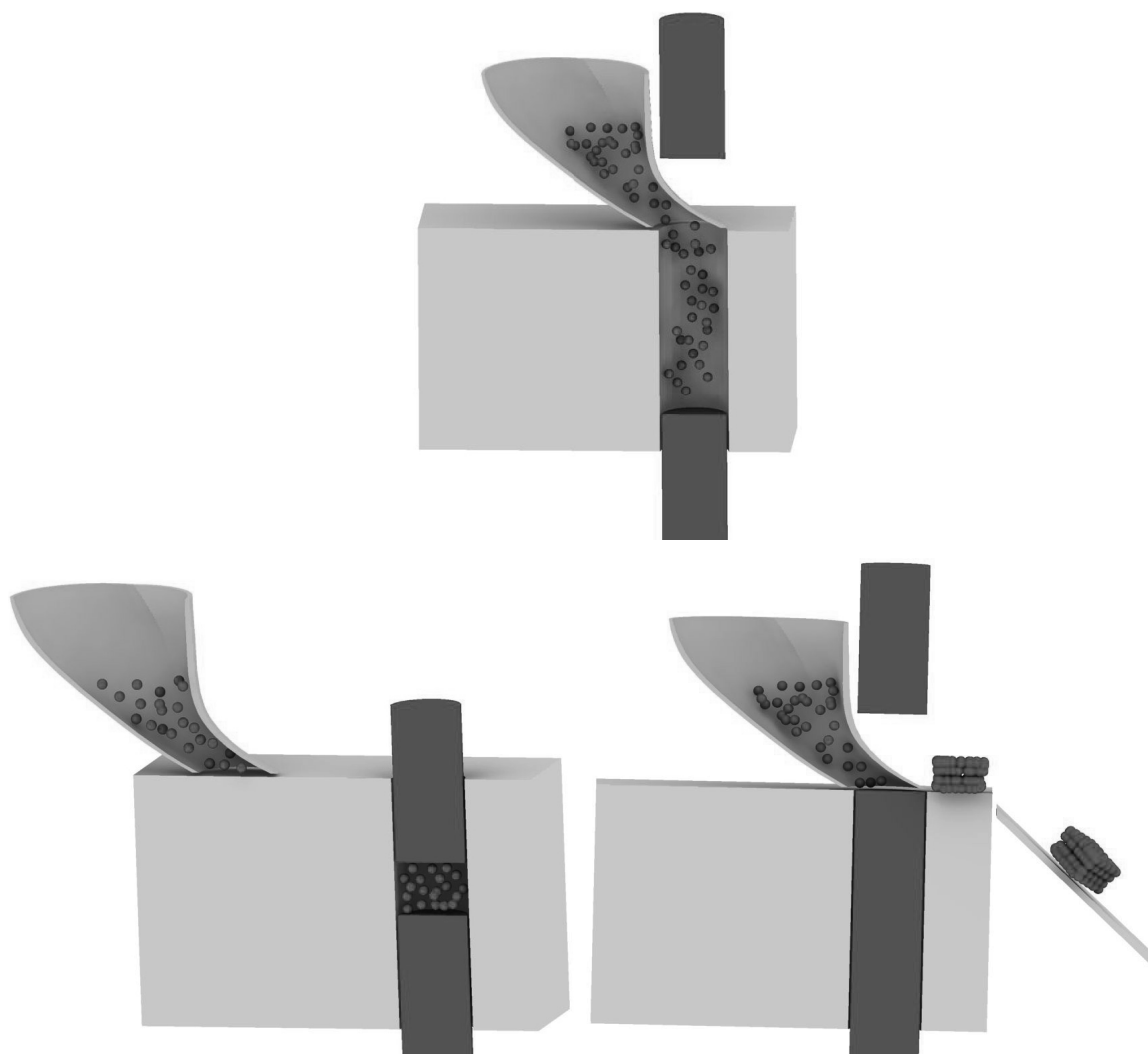
Obr. 5 Míchací dvouválec ( Vyhřívané či chlazené )  
*válce mají rozdílnou obvodovou rychlost ( poměr 1 : 1,1~1,3 )*



Obr. 6 Schéma pásového granulátoru.

- 1 - řás plástu
- 2 - podávači buben
- 3 - kotoučové řezací nože
- 4 - pevně stojící nůž
- 5 - buben rotačních nůžů
- 6 - rotační nože
- 7 - granule.





Obr. 7 Schéma činnosti tabletovacího lisu (s výstředníkem).

Hydraulické lisy jen pro:

Výrobu těžkých tablet

Lisování tablet z obtížně lisovatelných hmot ( Např. Vyžadují vysoké tlaky ).



## *Polymerní směsi – přípravy a základní operace*

---

### 1. Plastikace polymerů

Kaučuk

Plast ( hlavně termoplasty )

Cíl: snížené  $M_{stf}$  u kaučuku

- Hnětení na válcích za studena
- Hnětení v hnětačích za zvýšených teplot (  $\geq 140^{\circ}\text{C}$  )
- Válcové a sněhové stroje

Při  $90^{\circ}\text{C}$  účinná plastifikace

Nejnižší - závislost

### 2. Míchání polymerních směsí

- Za sucha                      *bubnové, sudové míchačky*
- V kapalině                    *viz schéma*

### 3. Granulace polymerních směsí

často konečný stupeň přípravy většiny polymerních materiálů ( převážně termoplastů )

Vytlačuje materiál ve formě struny ( pásu ) a dále jej dělí ( seká )

### 4. Tabletování polymerních směsí:

Vhodné pro zpracování prášků ( zejména reaktoplastů )

### 5. Aglomerace polymerních směsí

Pro zpracování práškových polymerů se změkčovadly

Fluidní míchací stroj ( mixér )

Příprava suché či hrudkovité směsi ( aglomeráty )

Částice o velikosti několika mm Vhodné pro zpracování

### 6. Želatinace polymerních směsí

( vznik gelu z polymerních roztoků )

Pro zpracování některých polymerů ( převážně termoplastů ) se změkčovadly.

Př: Želatinace PVC směsi

Heterogenní disperze prášku PVC bez změkčovadla + teplo

=> rozpouštění polymerů.

Želatinační teplota  $160\text{--}180^{\circ}\text{C}$ .

Přeměna soli v gel.

## 7. Vulkanizace kaučukových směsí

$t \approx 150^{\circ}\text{C}$ , Snížený obsah pórů

Výrobek vulkanizát  $\approx$  Pryž

Vytvoření prostorové sítě příčné vazby

Měří se vlastnosti :

Vulkanizační emise

Rozpustnost K

Vzrůstá pevnost ( Do určitého maxima poté opět klesá)

Vzrůstá tvrdost

Zlepšuje se odolnost proti trvalé deformaci

Výborná adheze ke kovům

Ebonit tvrdá pryž

Výborné elektroizolační vlastnosti

Odolnost proti chemikáliím

Odolnost proti stárnutí

## ZPRACOVÁNÍ POLYMERŮ TVÁŘENÍM

---

### V plastickém stavu:

Pro elastomery, termoplasty, reaktoplasty

Teploty:

Různé ( nad teplotu měknutí ( *pro běžné materiály*  $\approx 120 \div 160^\circ\text{C}$  ) )

Smrštění:

Při přechodu z plastického stavu (  $\sim 0,5 \div 1\%$  )

### 1. LISOVÁNÍ:

a) Vysokotlaké  $\sim 10\text{NM}$

( nad  $3\text{NM}$  )

b) Nízkotlaké

Pro reaktoplasty ( termoplasty, aninoplasty, ... )

*Užití:*

Fólie, desky

### 2. VÁLCOVÁNÍ ( *kalandrování* ):

Vyhřívané válce ( termoplasty – PE, Kaučukové směsi )

*Užití:*

Nanášení polymerů na textilní podložky

*Finální výrobky:*

Lina, koženky

### 3. VYTLAČOVÁNÍ:

➤ Kontinuální proces

Pro Termoplasty, kaučukové směsi

*Užití:*

Trubky

Profily

Fólie, ...

#### **4. VSTŘIKOVÁNÍ:**

Pro termoplasty

- tavná komora je oddělena od tvářecí formy

Předností je rozměrová přesnost

Možnost výrobků do 30Kg

#### **5. VYFUKOVÁNÍ:**

Výroba dutých předmětů

( láhve, tuby, kanistry )

Výtlačné, vyfukování ( hadice, trubky )

Vystřikování, vytlačování

#### **6. VÝROBA VRSTVENÝCH PLOŠNÝCH MATERIÁLŮ:**

Zahrnuje laminování

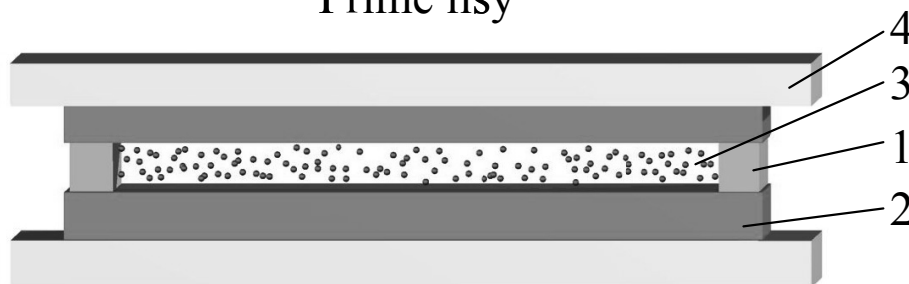
Extruzní ( výtlačné nanášení )

Zpracování polymerů tvarováním

Pro kaučukovitý nebo tuhý stav

## Lisování

### Přímé lisy



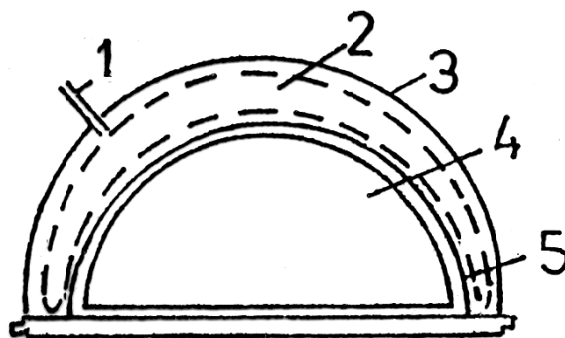
Obr.1 Schéma formy pro lisování desek.

1 - lisovací rám, 2 - příložné desky, 3 – lisovaný polymerní materiál

*Užití i pro lehčené (PVC, PS, PUR) + sendviče (s duralem dřevem)*

### Nízkotlaké lisování:

Převážně pro reaktoplasty.



Obr. 2 Schéma lisování pomocí pružného vaku.

1 - přívod páry,

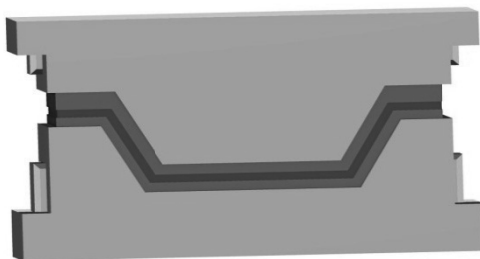
2 - pružný vak,

3 - plechový kryt,

4 - forma,

5 - lisovaný materiál

*(např. polotovar laminátu ve stavu impregnované výztuže).*



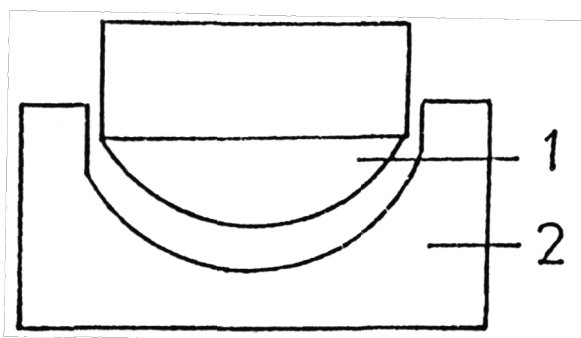
Obr. 3 Schéma pevné formy pro nízkotlaké lisování.

*(možnost zalisovat polymerní materiál např. skelný laminát)*

Pevná forma pro nízkotlaké lisování se zalisovaným polymerním materiálem (např skelným laminátem).

Formy z lehkých slitin, Fe slitiny.

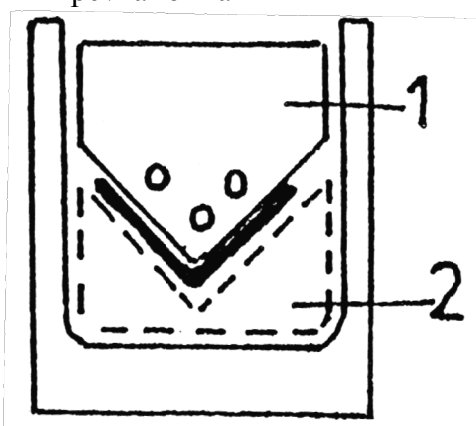
Působí jen desetiny MPa.



Obr. 4 Schéma lisování pomocí pružného dílce.

1- pružný dílec ( Plunžr )

2- pevná forma

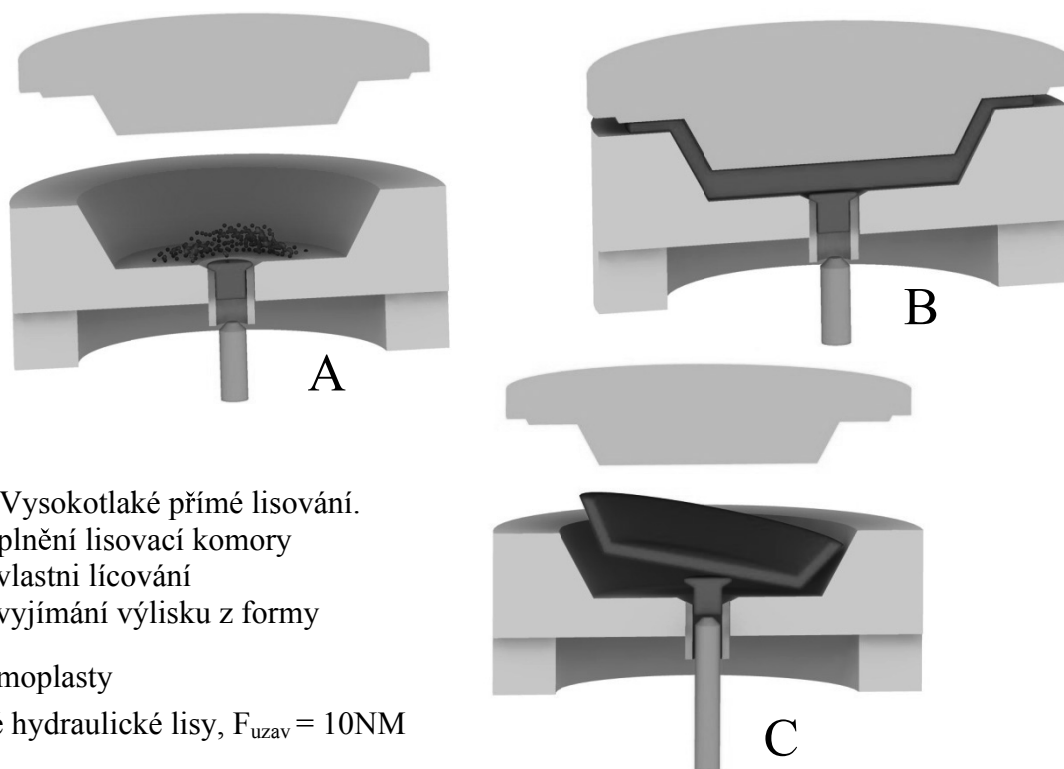


Obr. 5 Schéma lisování pomocí pružné hadice.

1- vyhřívaná forma,

2- pružná hadice.

### Vysokotlaké lisování:



Obr. 6 Vysokotlaké přímé lisování.

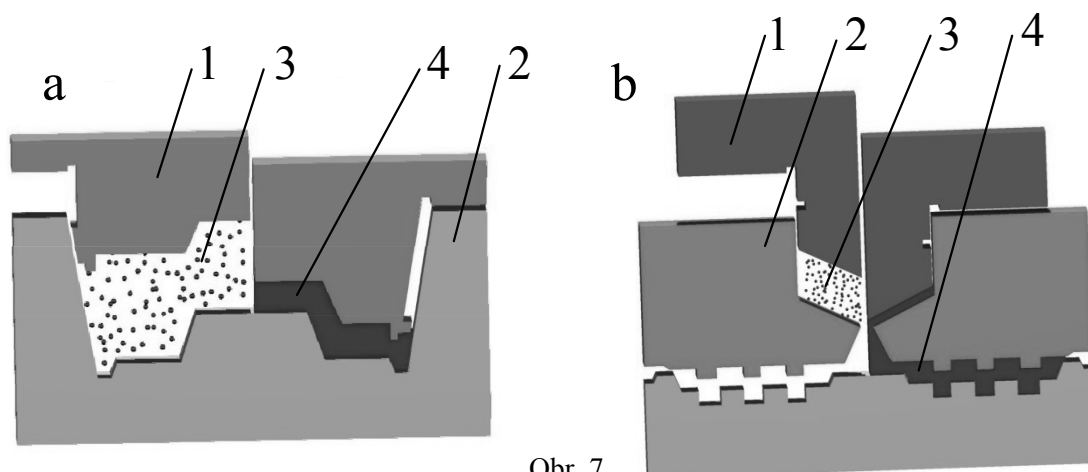
A - plnění lisovací komory

B - vlastní lícování

C - vyjímání výlisku z formy

Pro termoplasty

Pístové hydraulické lisy,  $F_{uzav} = 10\text{NM}$



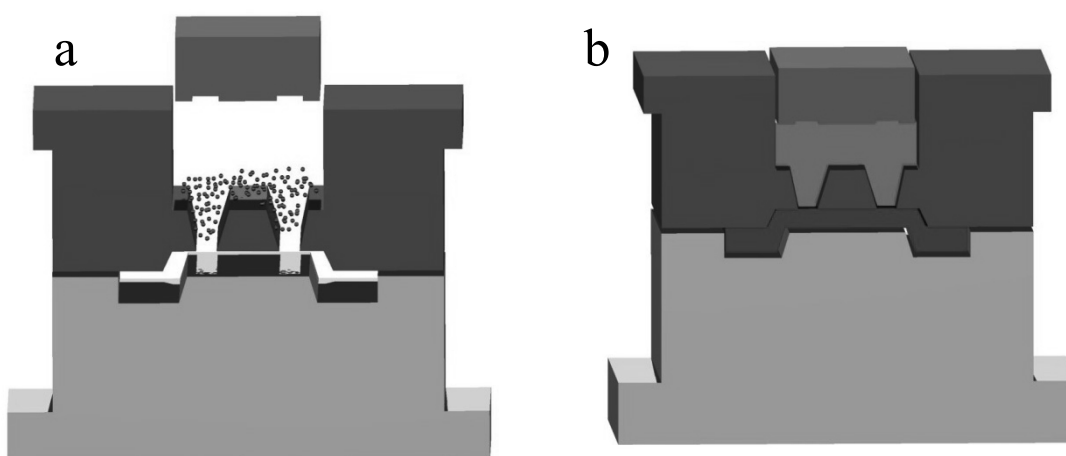
Obr. 7

a) lisování za tepla

1 — horní díl formy, 2 — spodní díl formy, 3 — plnicí prostor, 4 — výlisek

b) přetlačování ( lisovstřikování )

1, 2 — uzavřená forma, 3 — plnicí prostor, 4 — formovací prostor 5 — vstřikovací píst, 6 — odvětrávací kanál, 7 — vstřikovací kanál



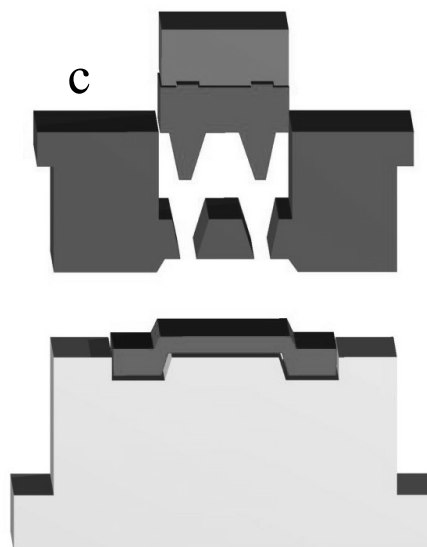
Obr. 8 Schéma přetlačného lisování

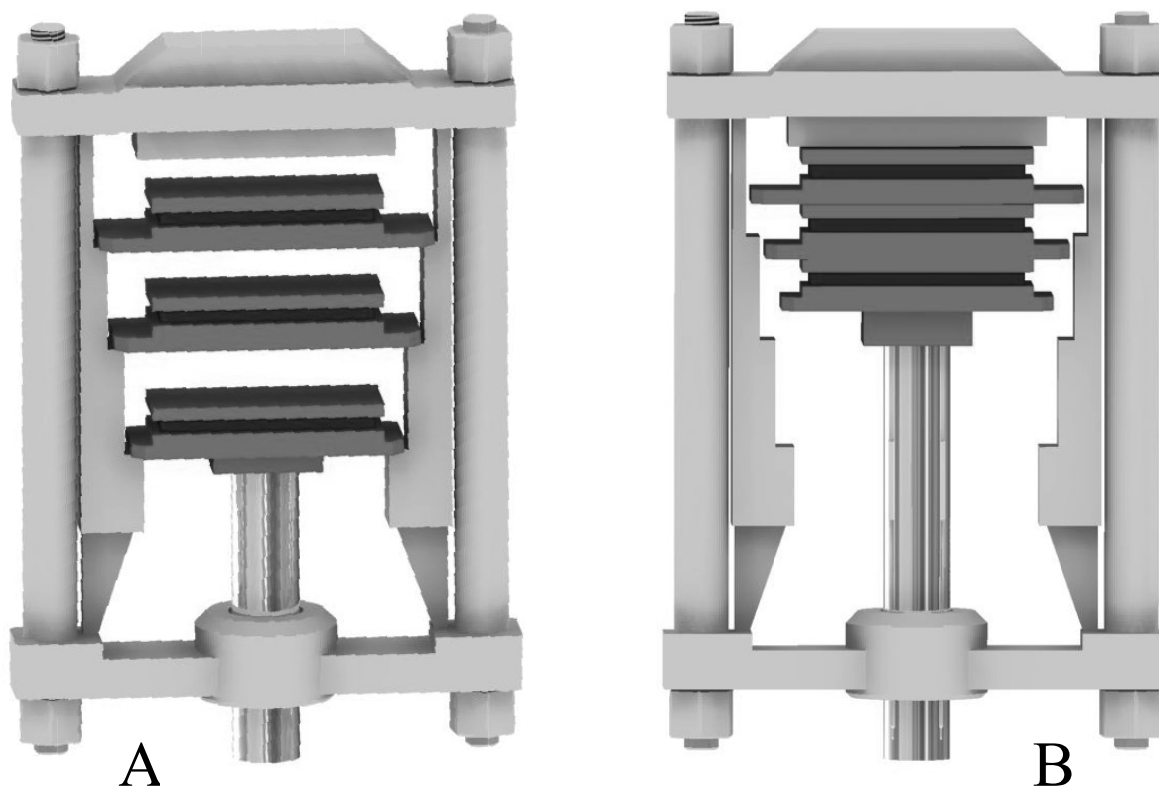
Princip přetlačování:

a - otevřená forma s polymerním materiálem v přetlačovací komoře, b - uzavřená forma s materiálem přetlačeným do tvářecího prostoru, c - otevřená forma s vyjímáním výliskem.

Hydraulické lisy o rychlosti zdvihu do 5m/s  
( nutnosti ohřevu polymerních směsí )

Převážně pro reaktoplasty a kaučuky



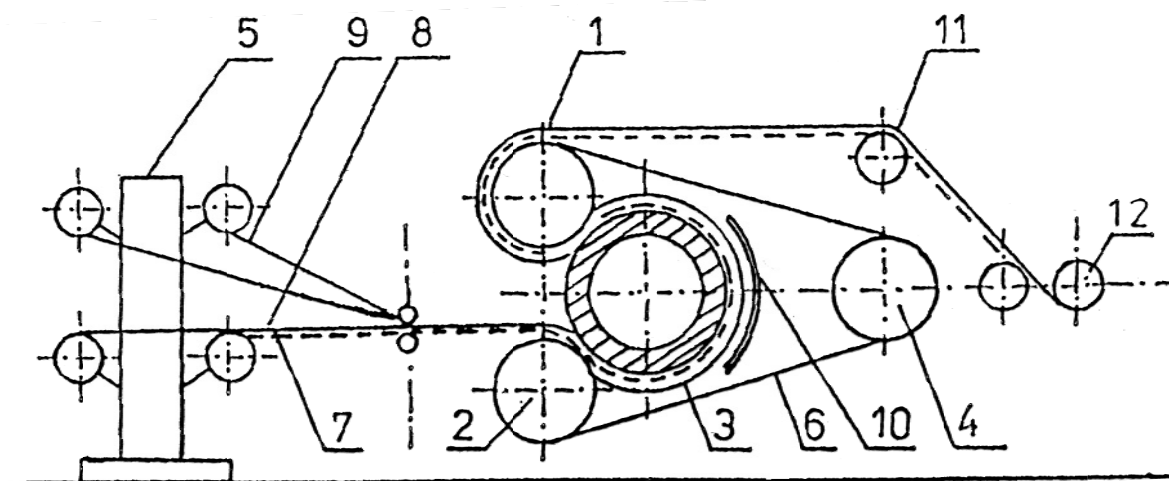


Obr. 9 Schéma etážového lisu.

A - otevřený lis, B - zavřený lis

Pro termoplasty ( PVC desky, PE desky )

Pro vrstvené hmoty



Obr. 10 Zjednodušené schéma bubnového lisu.

- 1 - tažný válec, 2 - tlačný válec,
- 3 - vyhřívaný buben, 4 - napínací válec,
- 5 - odvíjecí zařízení; 6 - "nekonečný" pás,
- 7 - textilní vložka; 8 - rubová vrstva nánosu,
- 9 - lící vrstva nánosu, 10 - přídavná topná tělesa
- 11 - chladič buben, 12 - navíjecí zařízení

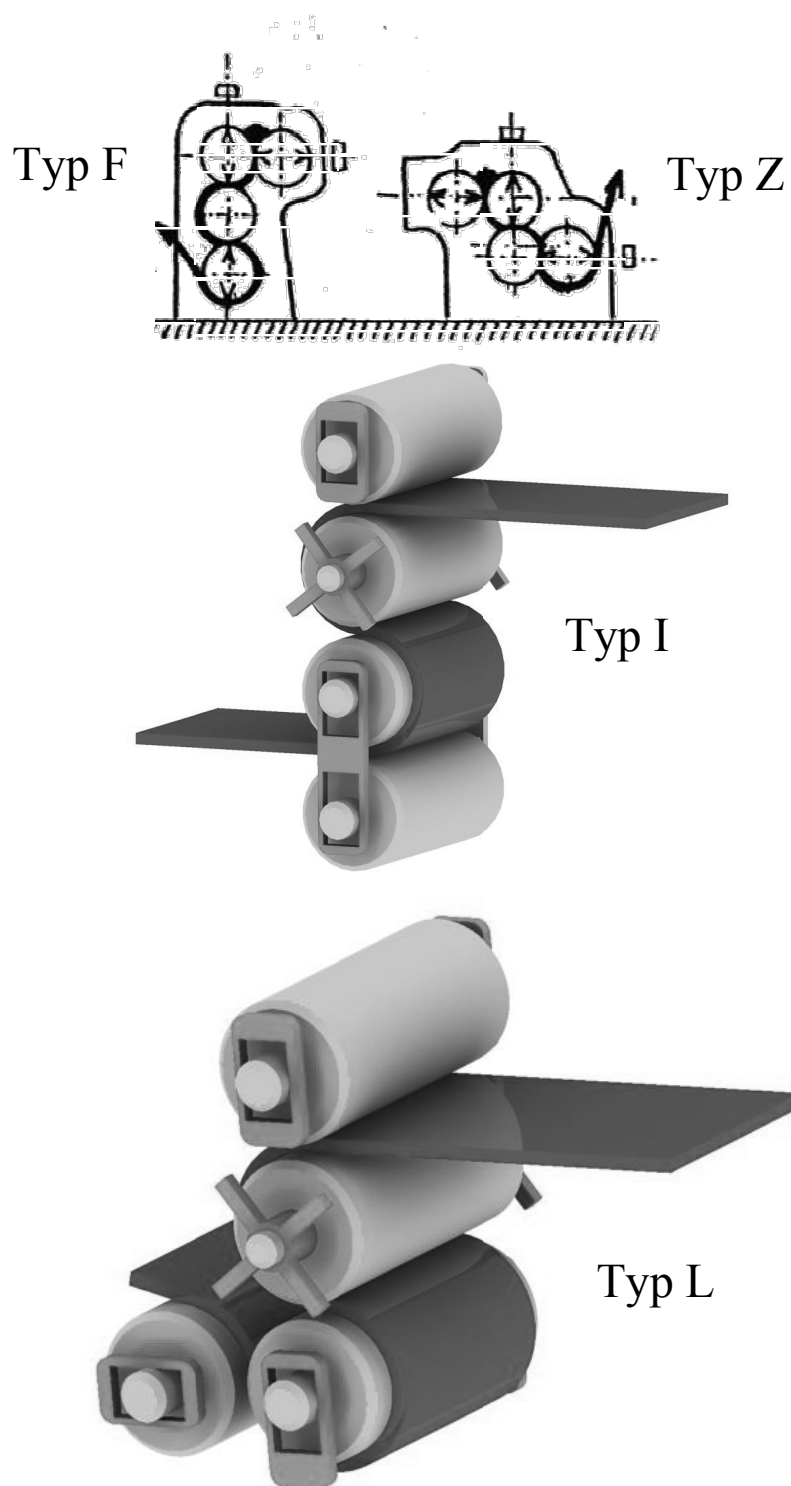
Kašírování ( suché ) Lepidla, pvc, kaučuky, PViAC, PVC

Zdvojování fólií

Pro výrobu tlustostěnných výrobků ( podlahoviny )



## Válcování



Obr. 1 Klasifikace čtyřválnů na typy I, L, F a Z.

*Pro měkké materiály, PVC*

## Vytlačování

### Šnekové vytlačovací stroje ( extrudéry )

Hystorie:

- ❖ Archimedes
- ❖ Rozvoj v 2.polovině 19 století
- ❖ Plastikářství nejbliže vytlačování mýdla
- ❖ Kontinuální stroj, velmi běžný pro zpracování polymerů

*Významné je použití šnekových extruderů jako plastifikačních jednotek vstřikovacích strojů.*

Cíle pro vytlačovací šnekové stroje:

- Velká výkonnost úměrná otáčkám šneku a co nejméně závisí na protitlaku
- Rovnoměrná doprava taveniny bez pulsací
- Místně časově homogení teplotu taveniny
- Vytlačení taveniny bez orientace
- Homogenní zamíchání polymeru s přísadami
- Vytlačení výrobku bez pórů, bublin

Pro zpracování termoplastů a kaučuků se využívají zejména jedno šnekové extrudéry.

Schéma klasického extruderu:

Šnek tvary:

Ø 30 - 150 - 350mm

Výpočet:

$$L = \alpha \cdot D \quad ( \text{Délka šneku} = \text{úhel stoupání} \cdot \text{Ø šnek} )$$

*$\alpha$  odpovídá stoupání závitu rovnému ØD šneku ( běžně  $\alpha = 1$  ).*

Pro Plasty:

$L \sim 20-25$  pro menší stroje

25 - 30 větší

Rychloběžné autogenní extrudéry:

$$L \sim 10 \text{ } 17 D$$

Pro Kaučuky:

$$L \sim 4 \text{ } 6 D$$

Pro extrudery plněné předeřátou směsí

$$L \sim 10-18D$$

Pro plnění studenou směsí.

Kompresní poměr:

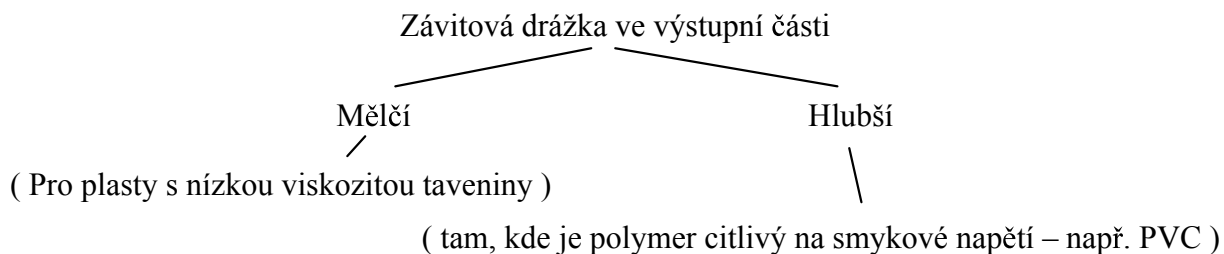
$$1,5 - 4 / 1,0$$

Změnou profilu kompenzován rozdíl.

Měrným objemem vstupního materiálu ( granule, prášek ) a měrný objem taveniny.

Různé typy šneků:

- a) Často pro elastomery a PVC, méně často pro TP
- b) Trízónový šnek s dlouhou přechodovou oblastí. Vzájemný poměr všech délek je pro plastické opravovat.
- d) Krátká přechodová oblast pro snadno tekoucí termicky stabilní polymery ( PP,PA )
- e) Torpédo zvyšuje teplotní homogenitu taveniny ( PS )



Děje v profilu jednosměrného vytlačovacího stroje:

Vstupní - přechodová - výstupní část

*( případně vytlačování kaučuků se v podstatě jedná o jednu zónu s taveninou )*

Vstupní zóna:

Materiál je stlačován a zahříván zejména na teplem vniklém při tření.

Zóna tavení:

Tuhý polymer je převáděn na taveninu teplem

- Přiváděným pouzdem ( PA )
- Třecím teplem + smykovým namáháním ( PE, kaučuky )

Závažný nedostatek jednosměrných extrudérů je :

Vnitřní vír v profilu šneku = zůstávají nepromíchaná místa

Vznik provazců nepromíchané hmoty

Řešení:

Měkký profil odplyňovací šnek, vložení hnětacího elementu.

## Modifikace konvenčních vytlačovacích strojů

---

Rychloběžné na plasty - Autogenní

Vměstek  $\sim 250$  až  $1\,500\text{ min}^{-1}\text{ D}$  šneku

Podíl mechanické energie přeměněné na teplo stačí k tavení materiálu.

- ❖ Větší namáhání šneku ( Vyšší axiální složky namáhající ložiska )
- ❖ Přímý pohon šneku
- ❖ Zvýšení mechanické účinnosti stroje

Odplyňovací šneky:

- Umožňují zvýšit míchací účinek
- U odplyňovací části jsou odsávány těkavé podíly. Odstranění bublin  $L\sim 25-30D$

Vytlačovací stroje s nucenou dopravou:

⇒ Oproti konvenčním typům je upraveno pouzdro ve vstupním pásu, opatřené podélnými drážkami.

## Vytlačovací stroje pro kaučuky

---

Při vytlačování kaučuků se obecně přeměňuje více energie na teplo.



Pracují Autogenní

*t ~ 130°C, mají regulaci teploty ( při tzv. nájezdu ohřevu )*

Vytlačování kaučukové směsi

- Teplé
- Studené

### Teplé vytlačování:

Plastifikace na dvouválci, předehřátém na 60 ~ 100°C.

*Ve formě pásku do extrudéru.*

- Extrudéry s krátkým šnekem ( 4D - 6D )
- Proto relativně citlivé na změny v dávkování => vliv na kvalitu.

### Studené vytlačování

- Delší šneky ( 10D - 18D víc)
- Vytlačovací stroje nemusí provádět jak ohřev, tak i plastifikaci směsi

2 základní principy:

1. Šnek s hnětoucími zónami
2. Šnek s míchacími zónami

Add1:

Různý systém štěrbin a bariér obdobné jako u plastů.

Add2:

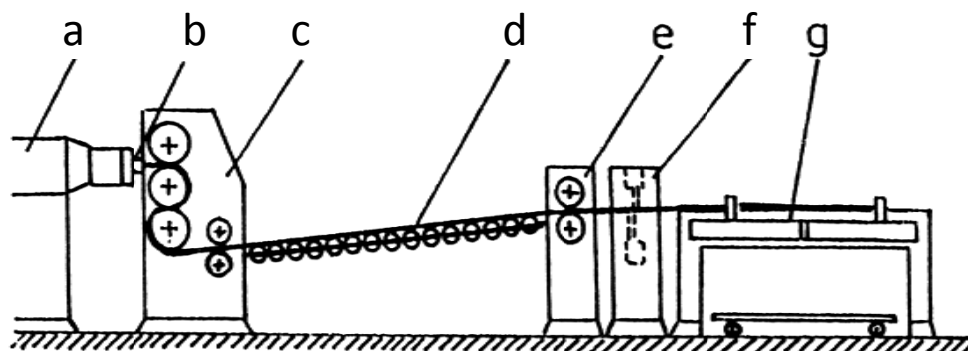
Míchací zóny jsou tvořeny elementy, které rozdělují tok. Na nich je požadováno míchání při co nejvyšším smykovém napětí a tahu i vyvíjení tepla.

- ❖ Transfermix.
- ❖ Kolíkový vytlačovací stroj

### Vytlačovací hlavy pro kaučuky.

- Obdobné konstrukční zásady jako pro vytlačování plastů.
- Přívod separačních prostředků dovnitř hadice *před vulkanizací*.
- Možnost koextruze.

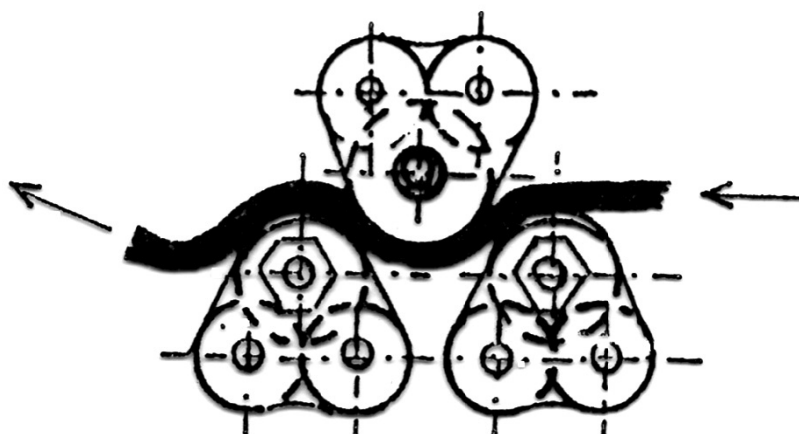
## Vytlačování



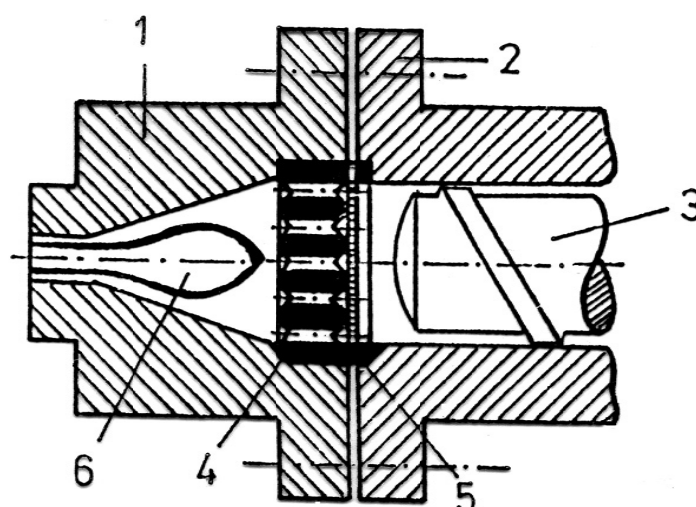
Obr. 1 Schéma výrobní linky k vytlačování desek

a - vytlačovací stroj, b - vytlačovací hlava, c - stolice s leštícím trojválcem  
d - válečková dráha, e - válcový cdtah, f - sekací zařízení, g - odkládací zařízení.

PVC, PE monopolymery + kopolymery, Styřem PMMA Podlahoviny

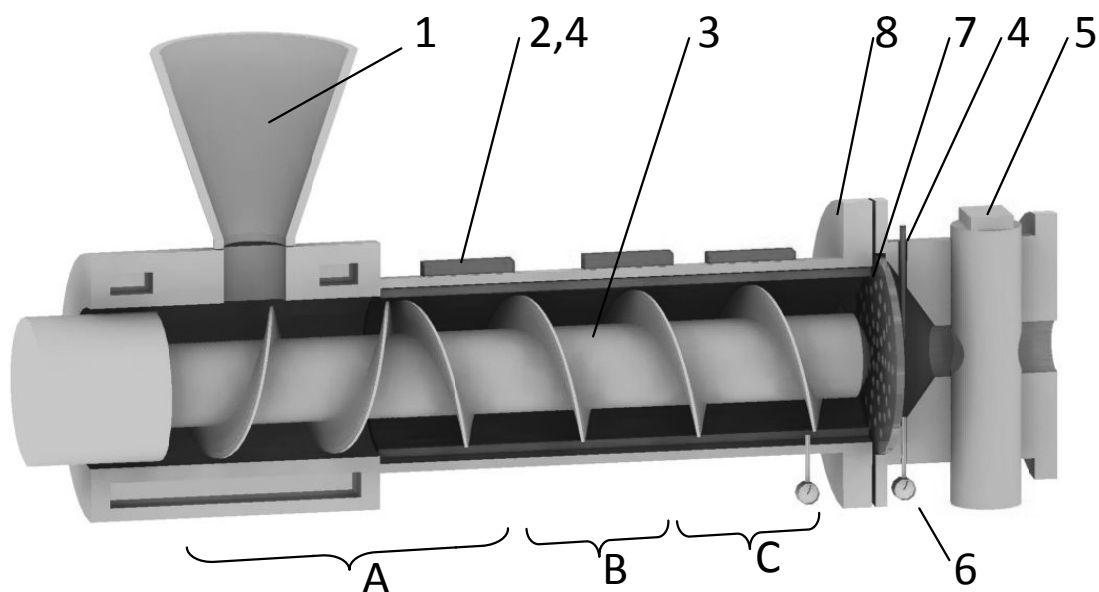


Obr. 2 Schéma odtahovacího zařízení k výrobě vlnitých desek.



Obr. 3 Schéma přímé hlavy k vytlačování trubek.

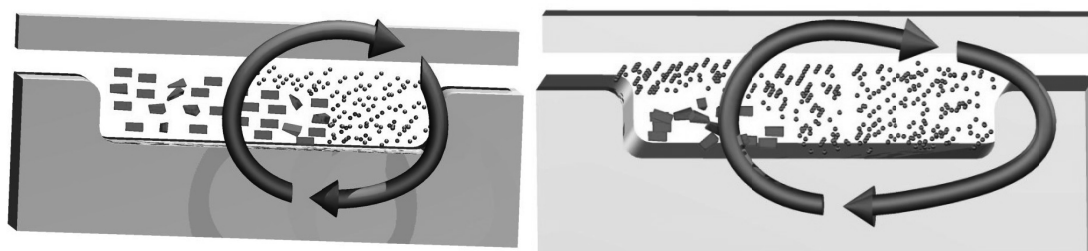
1 - hlava, 2 — válec, 3 - šnek, 4 - lamač, 5 - síto, 6 - dutý trn opatřený přívodem tlakového vzduchu.



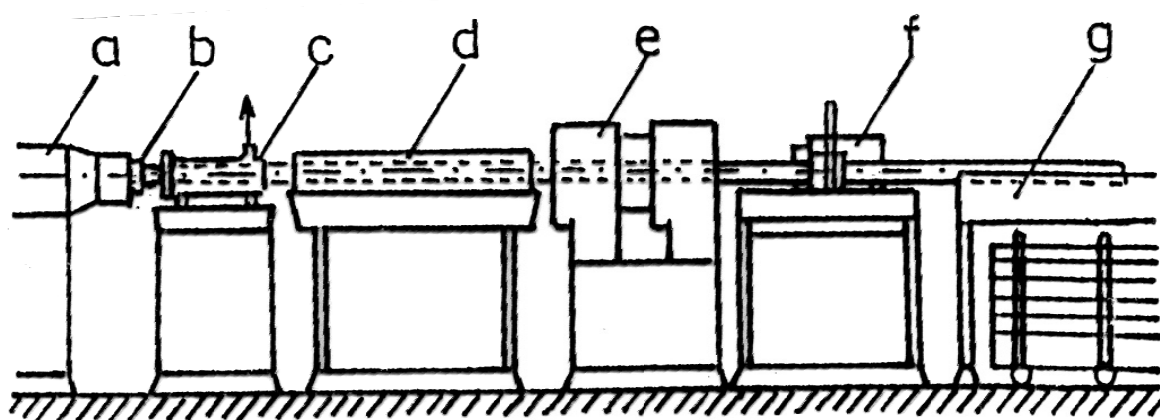
Obr. 4 Schéma vytlačovacího stroje.

1 - násypka, 2 - elektrické odporové topení,  
3 - šnek, 4 - termočlánky k měření teploty

v zónách A, B a C, 5 - ventil k regulaci tlaku, 6 - snímače tlaku, 7 - lamač, 8 – válec  
A - plnicí (vstupní) část (zóna),  
B - plastikační (kompresní, přechodová) zóna,  
C - vytlačovací (kompresní, výstupní) zóna.

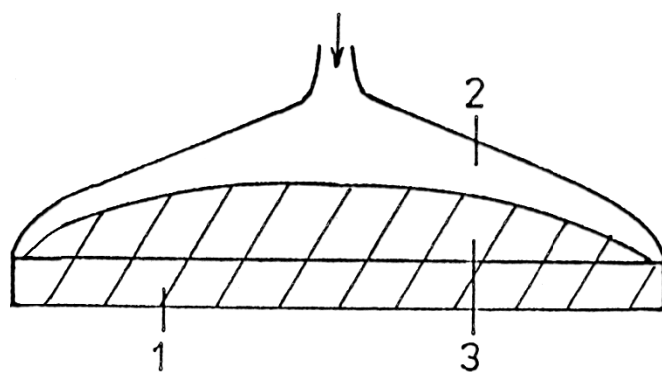


Tavení polymeru v profilu šneku pro úseky A, B.



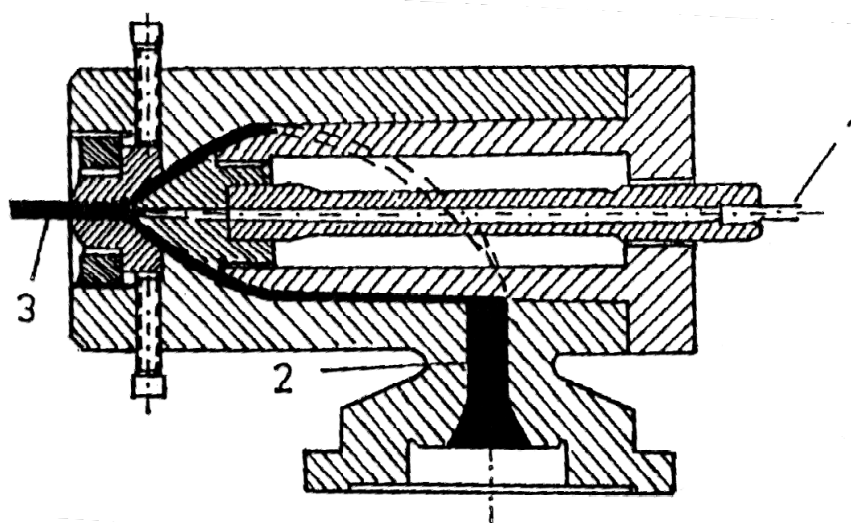
Obr. 5 Schéma výrobní linky na vytlačování trubek

a - vytlačovací stroj, b - vytlačovací hlava, c - kalibrační zařízení, d - chladicí lázeň, e - odtah,  
f - řezací zařízení, g - odkládací zařízení.



Obr. 6 Zjednodušené schéma širokoštěbinové hlavy k vytlačování fólií.

1 - tvářecí lišty, 2 - rozvodový kanál,  
3 - vyrovnávací oblast.

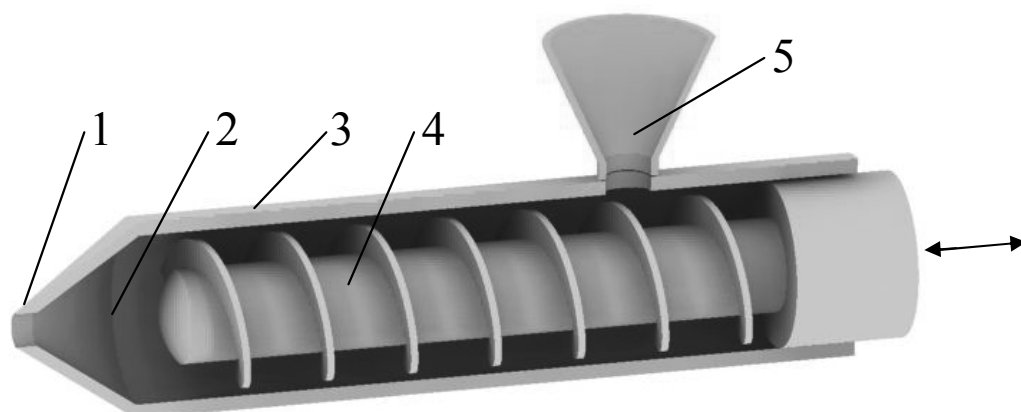


Obr. 7 Schéma příčné hlavy k oplášt'ování

1 - vodič  
2 - polymerní materiál  
3 - oplášt'ovaný vodič



## Vstřikování

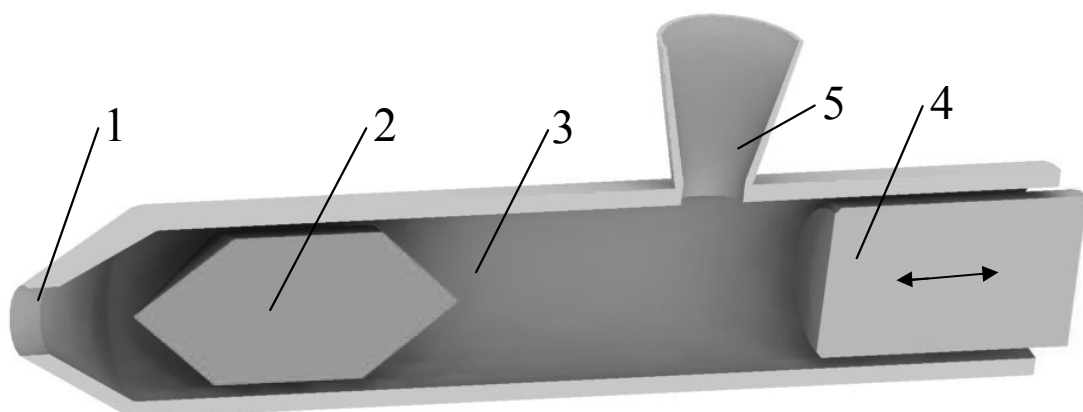


Obr. 1 Zjednodušené schéma šnekového vstřikovacího stroje bez předplastikace.

1 - vstřikovací tryska, 2 - zásobník taveniny,

3 - válec, 4 - šnek sloužící současně jako vstřikovací píst, 5 - násypka.

$Průřez = 10 - 1\,000\text{ mm}^3$      $F = 1\text{ NM}$      $Výkon = 100\text{ kg/h}$      $Až\ 30\text{ Kg výrobky}$

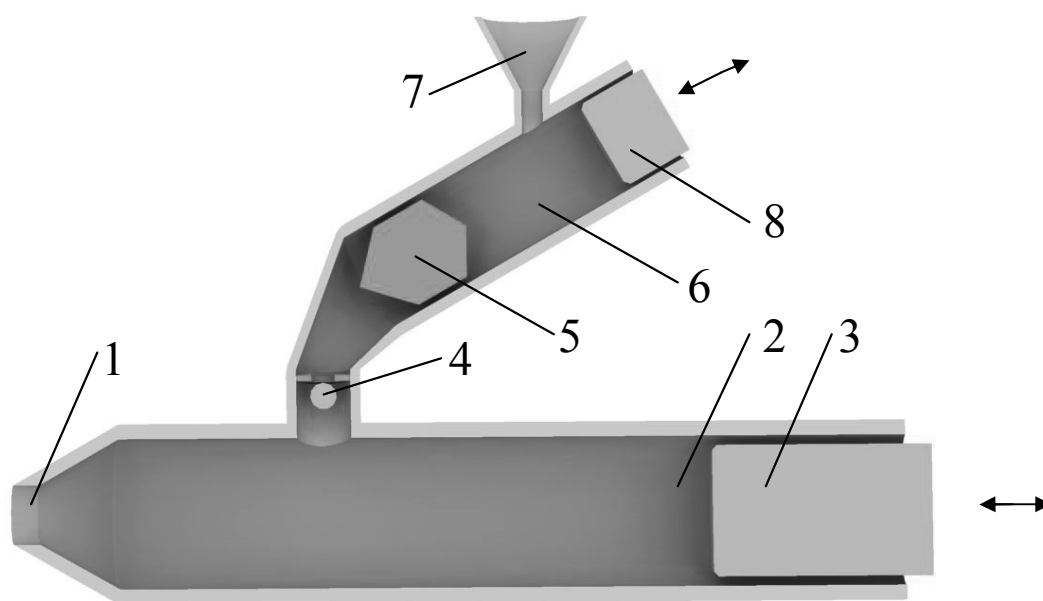


Obr. 2 Zjednodušené schéma pístového vstřikovacího stroje bez předplastikace.

1 - vstřikovací tryska, 2 - torpédo, 3 - válec,

4 - vstřikovací píst, 5 - násypka.

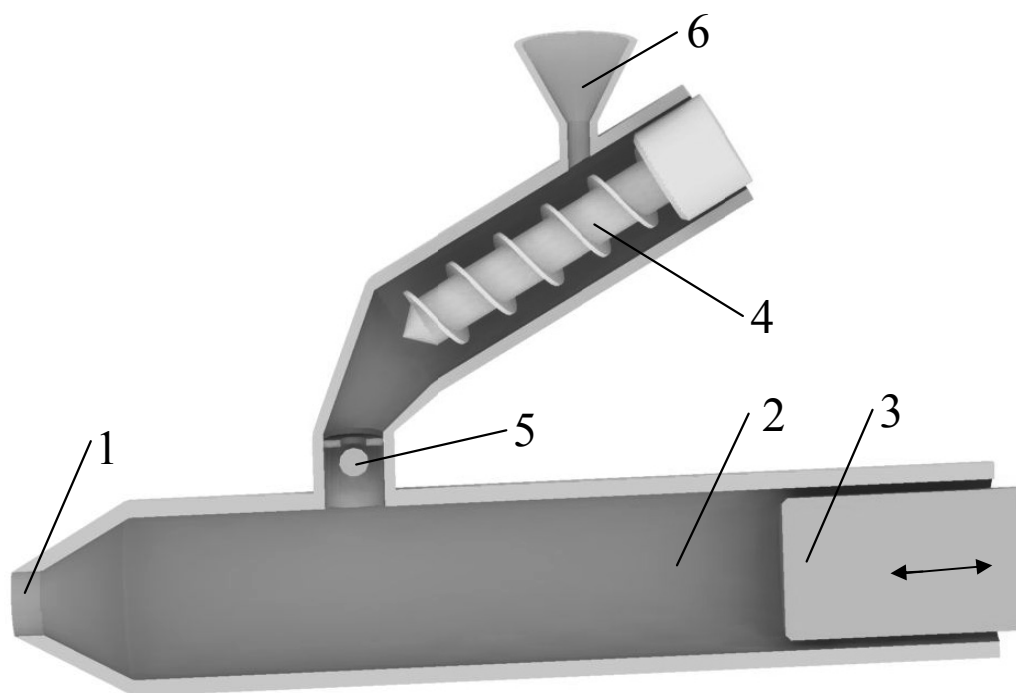
*Do hmotnosti výstřiku 0,5Kg*



Obr. 3 Zjednodušené schéma pístového vstřikovacího stroje s pístovou předplastikací.

- 1 - vstřikovací tryska
- 2 - vstřikovací válec
- 3- vstřikovací píst
- 4 - zpětný ventil,
- 5- torpédo plastikačního válce
- 6 - plastikační válec
- 7 - násypka,
- 8 - plastikační píst.

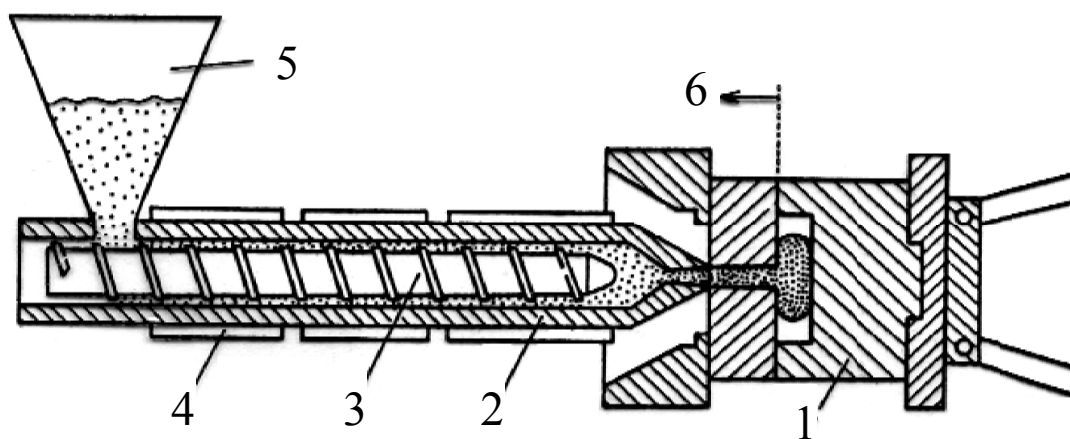
*Pro velké výlisky*



Obr. 4 Zjednodušené schéma pístového vstřikovacího stroje se šnekovou předplastikací.

- 1 - vstřikovací tryska, 2 - vstřikovací válec,  
3 - vstřikovací plst. 4 - plastikační šnek,  
5 - zpětný ventil, 6 - násypka.

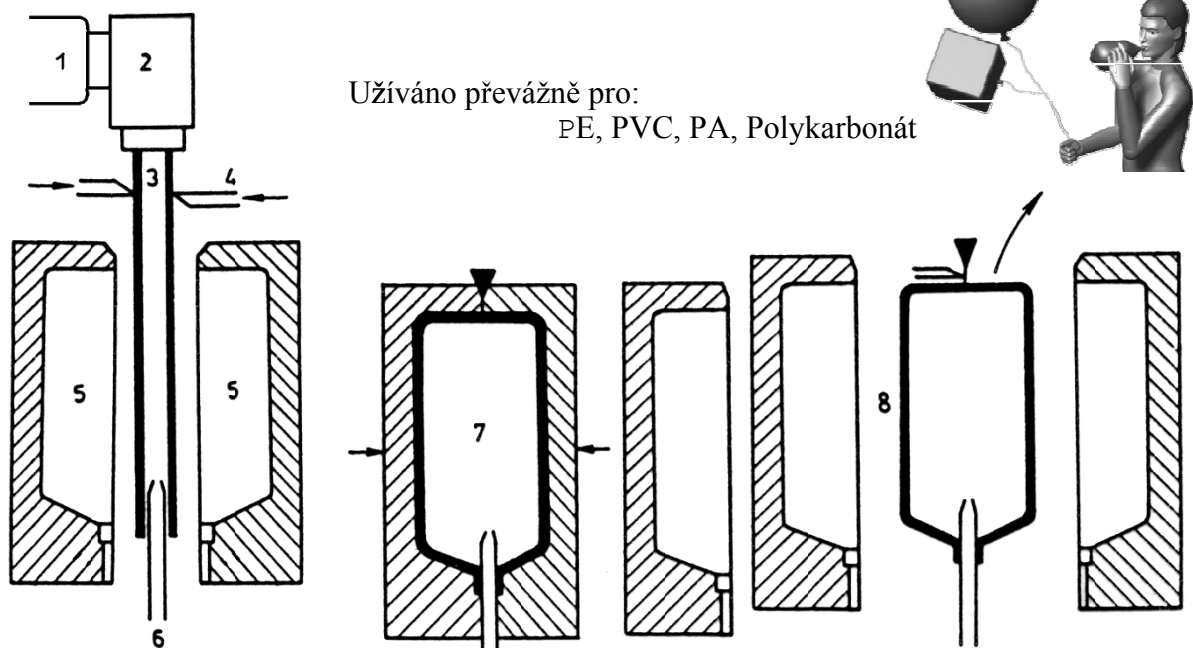
*Pro neměkčený PVC ( Nedají li se zpracovat na pístovém stroji )*



Obr. 5 Vstřikování na šnekovém vstřikovacím stroji

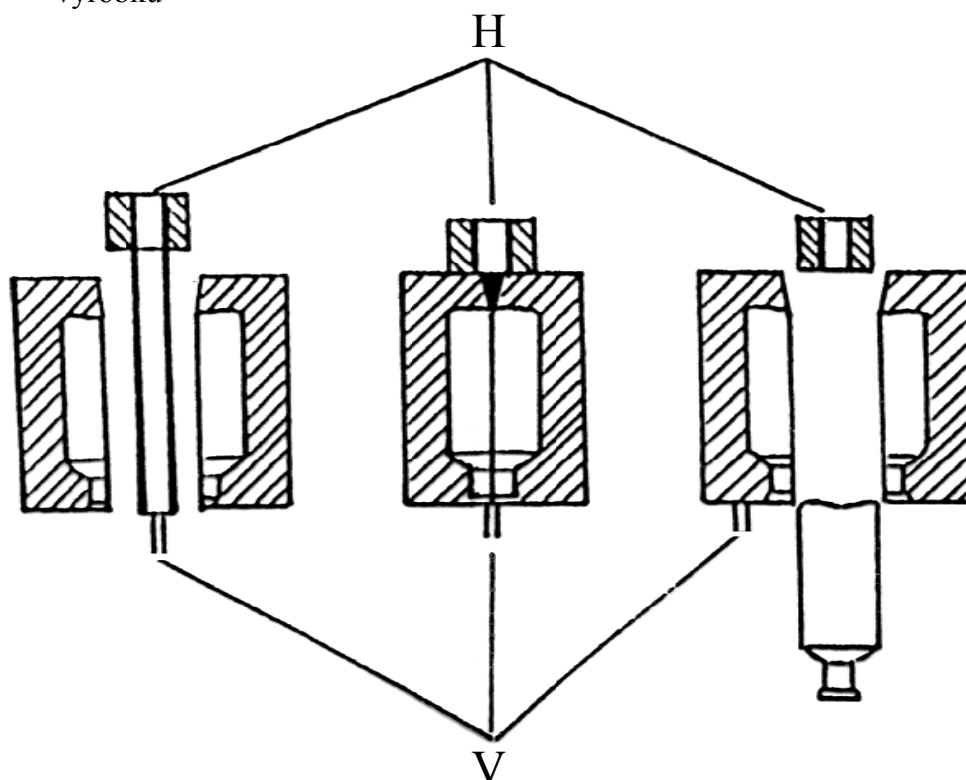
- 1 – částečně naplněná vstřikovací forma, 2 – vstřikovací ( plastifikační válec,  
3 – šnek, 4 – topení, 5 – násypka, 6– posun při vychlazování výrobku

## Vyfukování



Obr. 1 Vytlačování s vyfouknutím pro výrobu dutých těles (vyfukování spodem užitím trnu)

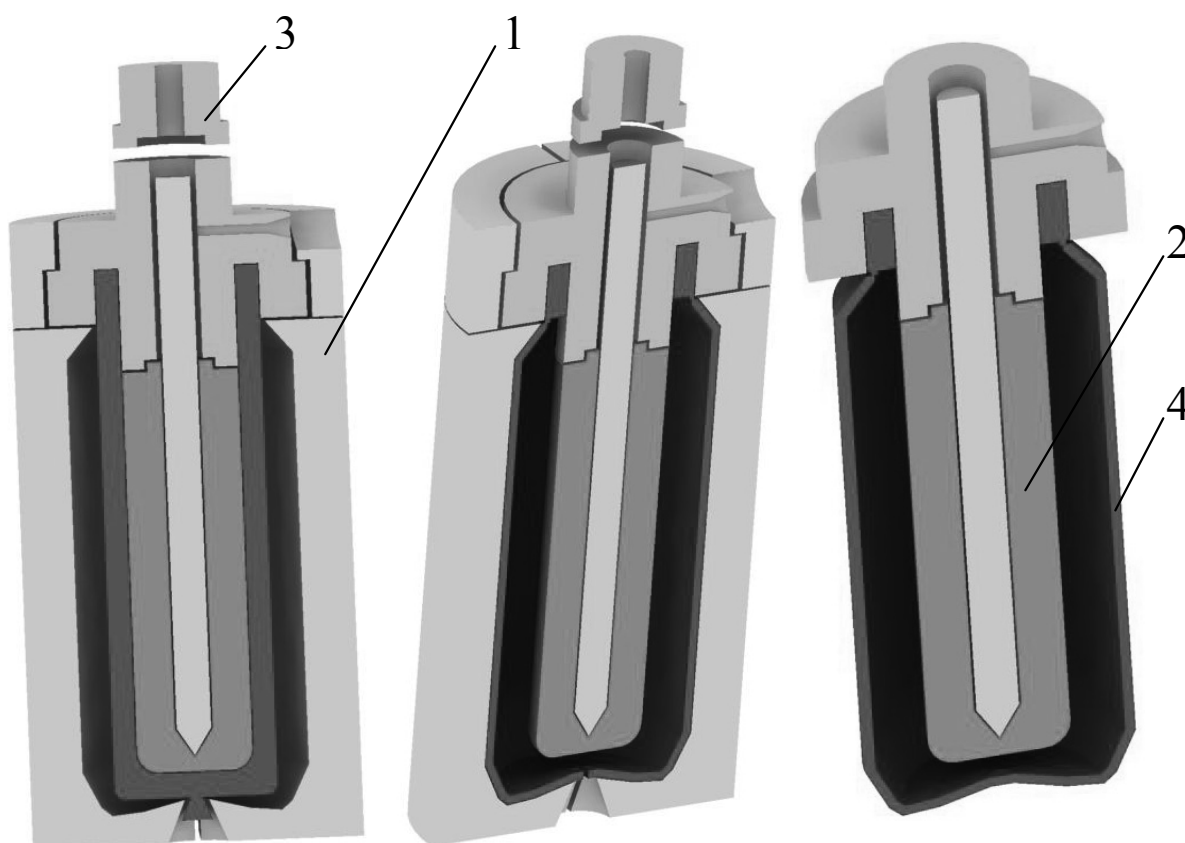
- 1 - Šnekový vytlačovací stroj, 2 — vytlačovací hlavice, 3 — vytlačovaná hadice,  
4 - oddělovací zařízení, 5 — rozdělená forma, 6 — zavádění tlakového vzduchu,  
7 - uzavřená forma s vyfouknutým dutým tělesem, 8 — otevřená forma a vyhození výrobku



Obr. 2 Schéma pracovního postupu při výtlačném vyfukování lahví.

H - hlava vytlačovacího stroje,

V - přívod tlakového vzduchu.



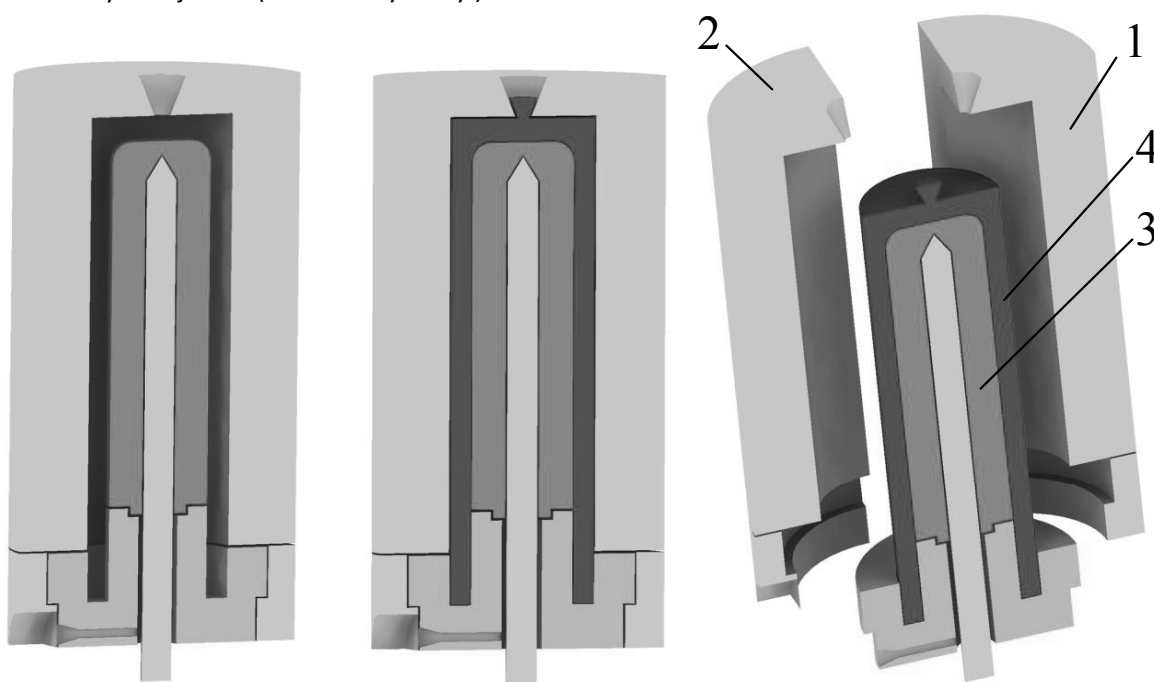
Obr. 3 Schéma vyfukování lahví z předlisků.

1 - vyfukovací forma, 2 - trn, 3- zařízení pro přívod tlakového vzduch, 4- láhev.

*Určeno pro: Polyolefiny, PA, Polyakryláty, PES, Polykarbonát, ABS - terpolymer*

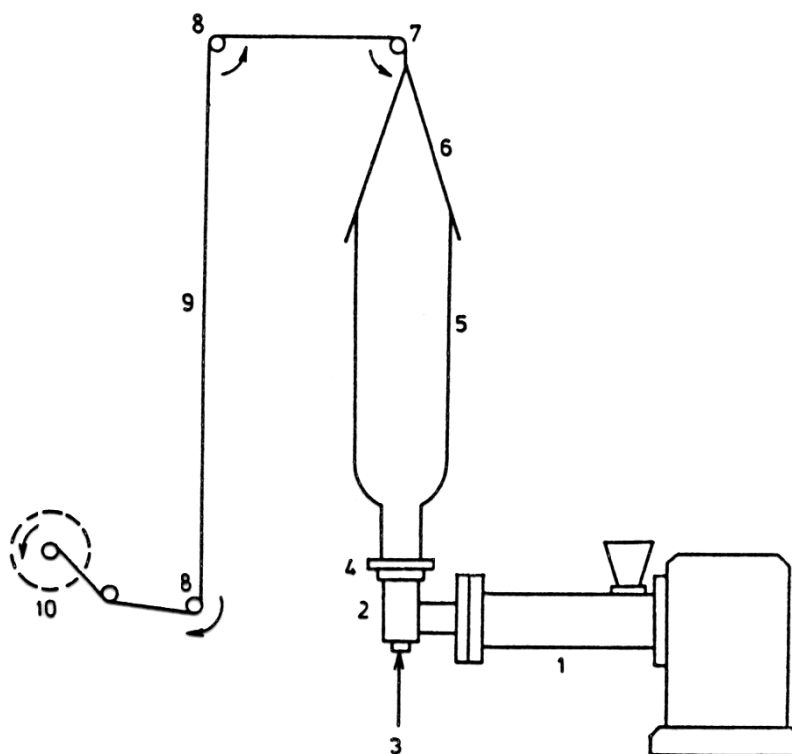
Výhoda:

Vysoká jakost ( bezešvé výrobky ) – dražší



Obr. 4. Schéma vstřikování předlisku pro výrobu lahví vstřikovacím vyfukováním.

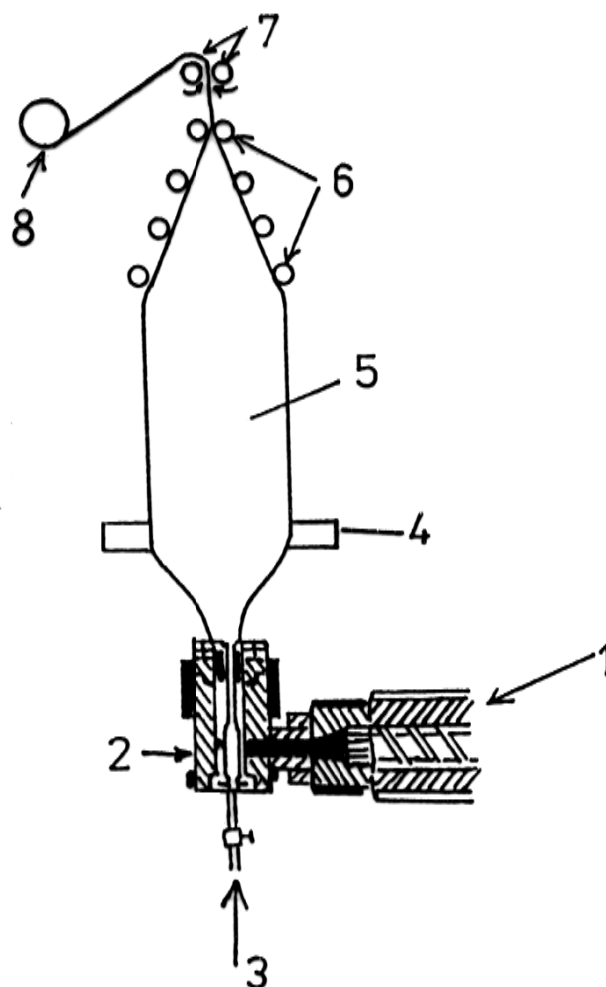
1,2- vstřikovací forma, 3 – trn, 4 - předlisek.



Obr. 5 Vyfukování vytlačované hadice pro výrobu fólií

1 — extrudér, 2 — vyfukovací hlavice, 3 — přívod vzduchu, 4 — chl. kruh, 5 — hadice z polymeru, 6 — vodící plechy, 7 — stlačovací vále 8 — vratný válec, 9 — dvojnásobná nerozřezaná plochá fólie, 10 — i zařízení s kladkou

Užíváno pro tloušťky  $t = 0,015 - 0,3\text{mm}$



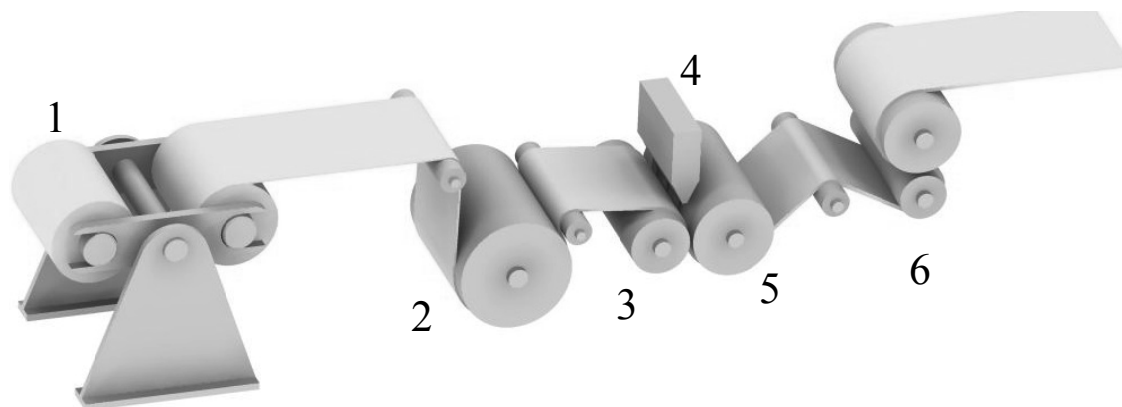
Obr. 6 Schéma výroby fólií výtlačným vyfukováním (s herním odtahem).

- 1- vytlačovací stroj
- 2- vyfukovací hlava s přívodem tlakového vzduchu 3,
- 3- chladicí prstenec
- 4- vyfouknutá fólie
- 5- zplošťovací válečkové zařízení
- 6- odťahovací válce
- 7- role navíjené fólie (ve formě "nekonečného" rukávu)

## Vrstvené plošné válcování

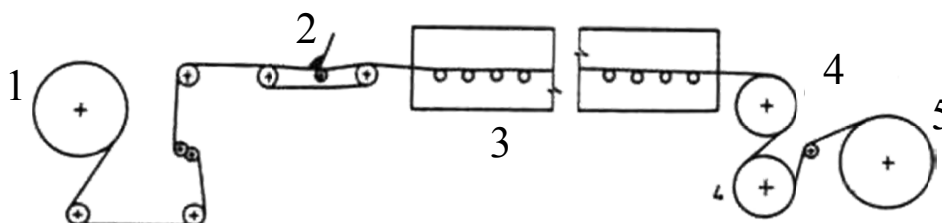
Pro nanášení termoplastů na netkané textilie a plošné materiály.

Mohou být nanášeny různé tloušťky více druhů plastů. ( 0,1 ÷ 0,9 )



Obr. 1 Schéma zařízení pro výtlačné nanášení polymerů na podložku.

1 - odvíjecí zařízení, 2 - předehřívací buben podložky, 3 - opryžovaný přitlačný válec, 4 - štěrbinová hlava šnekového vytlačovacího stroje, 5 - chlazený leštící válec, 6 - odtahovací zařízení

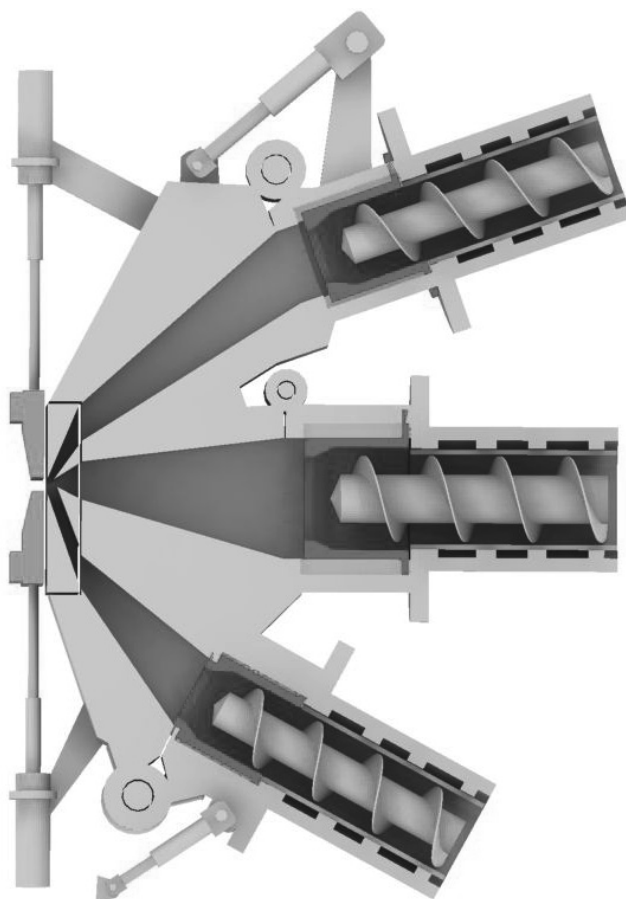


Obr. 2 Natírací a želatinační zařízení na textil

1 — role odvíjeného textilu, 2 — natírací zařízení,  
3 — želatinační kanál, 4 — chladicí válec,  
5 — role navíjeného produktu

Pod nanášení patří také nanášení práškových platů ve fluidní vrstvě nebo stříkáním v elektrickém poli [28, 29]. Při vířivém nanášení se předmět ohřeje nad teplotu tání práškového plastu a ponoří se do prášku, který je ve fluidním stavu a chová se jako kapalina. Prášek se přitaví na povrch předehřátého předmětu a vytvoří na něm souvislý povlak. Při významnější technologii — stříkám v elektrickém poli za vysokého napětí — se na studený uzemněný předmět stříkají práškové částice nesoucí elektrický náboj. Vlivem elektrostatických sil vytvoří částice na povrchu předmětu stálou vrstvu, která se pak v peci roztaví a vytvoří souvislý povlak. U reaktoplastů v obou případech nanášení následuje ještě tepelné dotvrzení povlaku.





Obr. 3 Třívrstvá koextorzní hlava pro kaučukové směsi.

## *Zpracování polymerů tvarováním*

---

Rozdíl od tváření:

Polymery jsou v pevném či kaučukovitém stavu  
V kapalném či plastickém stavu

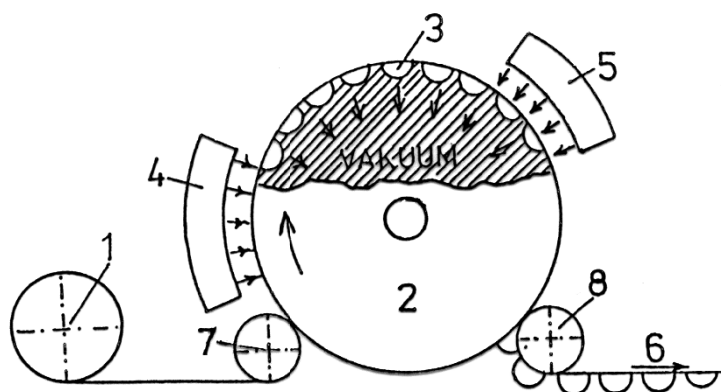
Buď samostatné zpracovatelské procesy

*( smršťování, tvarování za běžné či zvýšené teploty )*

Součástí složitějších technologických procesů ( zahrnují i tváření )

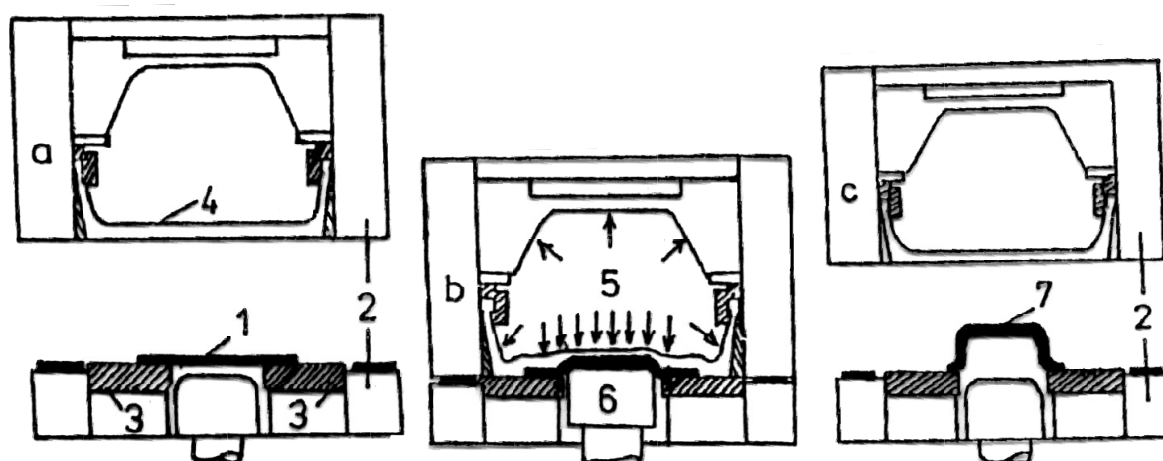
Výroba orientovaných fólií výtlačným vyfukováním, výroba orientovaných vláken spřádáním z taveniny

*( nejprve tváření Vytlačování či zvlákňování, Poté orientace při následném vyfukování či dloužení )*



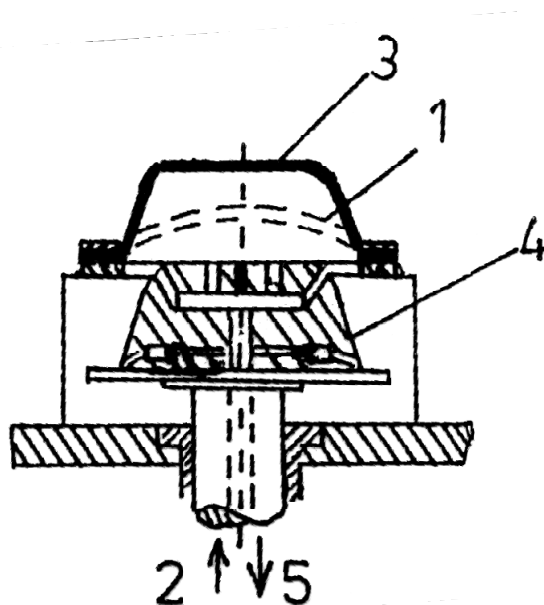
Obr. 1 Schematické znázornění rotačního tvarovacího stroje.

- 1 - role fólie
- 2 - vakuový buben s tvárnici 3,
- 4 - ohřívací těleso
- 5 - chlazení
- 6 - odtah vytvarované fólie,
- 7,8 - vodící válce



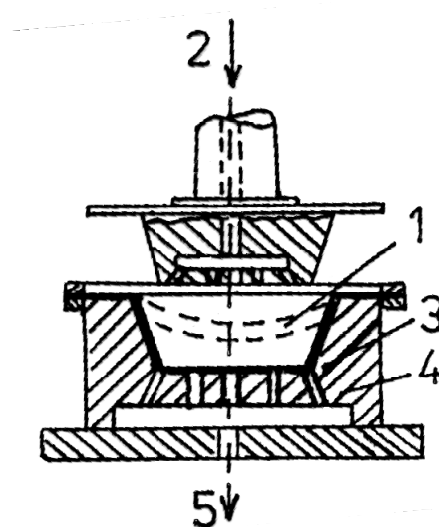
Obr. 2 Schéma technologického postupu při tvarování plastu za studena.

- a - vložení plastové fólie 1 do otevřené formy 2 mezi přítlačný kruh 3 a pryžovou membránu 4.
- b - současné plnění komory 5 tlakovou kapalinou a zdvínání plunžru 6, který tvaruje fólii 1 tažením.
- c - otevření formy 2 a vyjmutí výrobku 7.



Obr. 3 Schematické znázornění pozitivního vakuového tvarování.

- 1 - předehřátá fólie předtažená tlakovým vzduchem 2.
- 3 - výrobek vytvarovaný tvárnici 4 za součinnosti vakua 5.



Obr. 4 Schematické znázornění negativního vakuového tvarování.

- 1 - předehřátá fólie předtažená tlakovým vzduchem 2.
- 3 - výrobek vytvarovaný tvárnici 4 za součinnosti vakua 5.

Užíváno pro:

Polyolefiny, polykarbonáty vinylové mono a kopolymery PMMA, ...

*Hloubka tvarování až 500mm.*

## Zpracování polymerů tvářením

---

### Reaktoplasty, Elastomery

Během tvářecího procesu zasít'ují => Ztratí termoplasticitu  
=> Musí se chladit před vyjmutím z formy

Smrštění:

Plast soustava 0,5% tuhý stav  
U reaktoplastů a pryží -1%

Tváření nad teplotou měknutí:

PE	120 200°C
PA	200 260°C
Reaktoplasty a kaučukové směsi	140 - 180°C

### Termoplasty

Nemusí se chladit

#### 1 Lisování

- Vysokotlaké
- Nízkotlaké

#### 2 Válcování ( kalandrování )

K výrobě fólií, desek +k nanášení polymerů na textilní podložky  
Podlahoviny, koženky ( PVC, PE ),

#### 3 Vytlačování

#### 4 Vstřikování

#### 5 Vyfukování

90% vytlačovaných, vyfuko

#### 6 Vrstvené plošné materiály

## Tvarování za zvýšené teploty

---

Plošný termoplastový polotovar se uvede ohřátím:

- ❖ Teplovzdušná komora
- ❖ IR ohřev

*Od fólií ( tl. 0,1mm ) po desky tloušťky 10mm.*

Do kaučukového stavu → tvarování → ochlazení (viz obr.)

Tvarování za běžné teploty ( za studena )

Poměrně mladé odvětví zpracování termoplastů  
Jedná se o trojrozměrnou deformaci folie

Analogie tvarování ve formě:

Matrice

Pružný vak naplněný tlakovou tekutinou

Patrice

Tvarovací plunžr

Výroba dutých předmětů:

Výhoda:

Oproti tvarování za zvýšené teploty:

Nesnižuje se pevnost polymerních materiálů.

Nevýhoda:

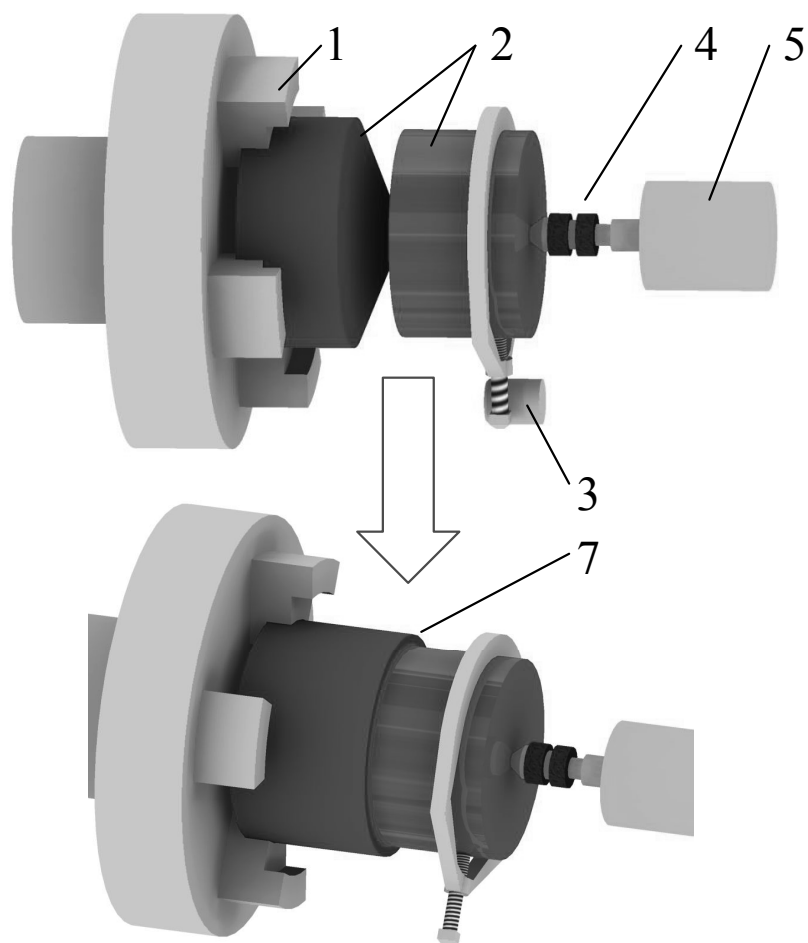
K vytvrzování je třeba vyšších tahových napětí.

Studený tok:

Schopnost polymeru musí být za běžné teploty vysoce deformován ( Vysvětlováno nuceným pohybem celých makromolekul účinkem deformační síly ).

Průmyslově se využívá pro deriváty celulózy,  
ABS polymery a karbonáty.

## Svařování

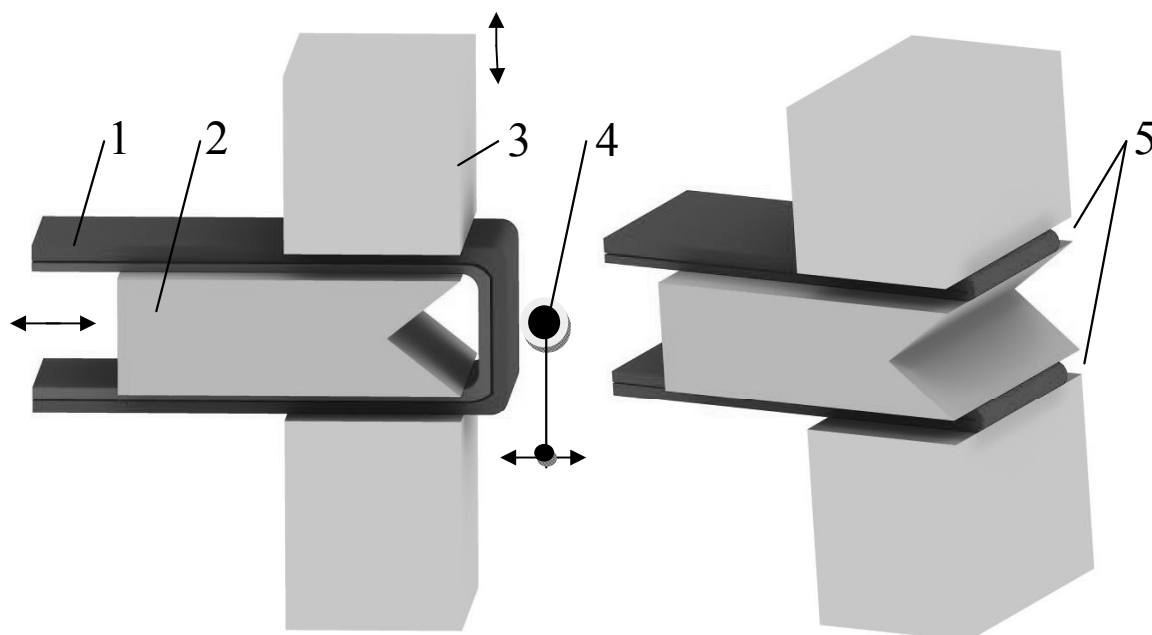


Obr.1. Schematické znázornění svařování polymerů třením pomocí soustruhu.

- 1 - sklíčidlo
- 2 - svařované části
- 3 - zarážka
- 4 - otočný hrot koníku
- 5 - otočná část
- 6 - neotočná část
- 7- svar

Výrobky či polotovary musí jít upnout na soustruh

*Výhodou je kuželový tvar*



Obr. 2. Schéma svařování sálavým impulzem.

- 1 - svařovaná fólie
- 2 - vložka
- 3 - upínací čelist
- 4 - žhavený odporový drát ( Proudové impulsy až 300A )
- 5 - dvojice svarů

*Výhodné pro tenké fólie*

( PE ) automaty uzavírání sáčků.

- Jednostranné do tloušťky 0,08mm
- Dvojitě tl folii 0,16mm



Obr. 3. Schéma pistole na svařování polymerů horkým plynem.

- 1- topné elektrické vinutí
- 2- regulační ventil pro přívod plynu
- 3- připojení elektrického kabelu

Pro tlustostěnné předměty.

PA, Vinylové i Akrylové polymery

*Zahřívá se předmět i svařovací drát*

Všechny typy svárů používaných při svařování kovů

( Přímé koutové, V, X , ... )

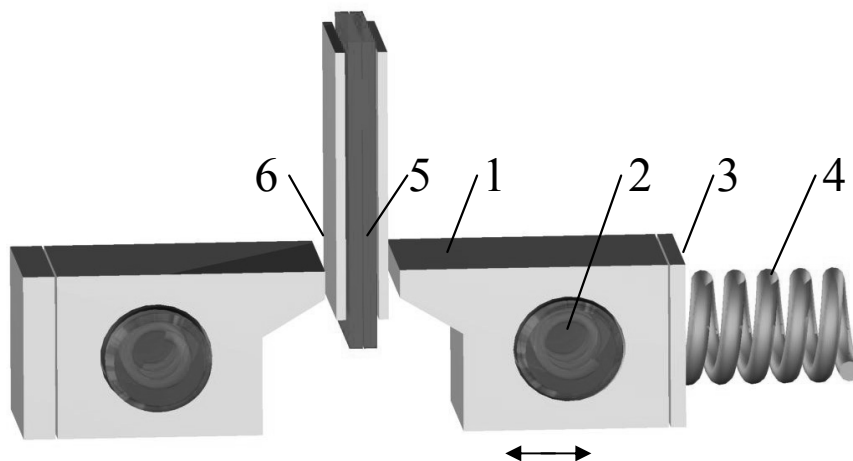


Svařovací účinek  $t$  a  $f$

Převážně pro spojování folii do tl. 0,1mm

Pro polyolefily

Vinylové Polymery



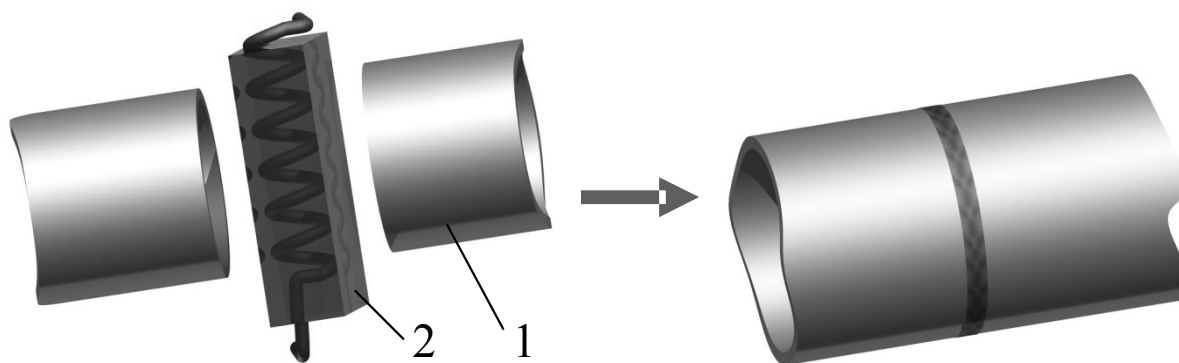
Obr. 4. Schéma zařízení pro kondukční svařování.

1 - svařovací čelist, 2 - topný článek,

3 - izolace, 4 - pružina s dorazem,

6 - ochranná vložka, 6 - svařovaná fólie

( *Vedení tepla* )



Obr. 5. Schéma postupu při radiačním svařování.

1- svařovaný předmět

2- radiátor.

( *Sálání tepla* )

Pro masivnější předměty ze stejných materiálů ( PE, PVC )

# ZPRACOVÁNÍ POLYMERŮ V KAPALNÉM STAVU

*Zahrnuje: zvlákňování, máčení, natírání, odlévání, lepení a potiskování.*

## 1. Máčení:

( zpracovávají se tak roztoky, latexy, plasty, nízkoviskózní taveniny MM látek )

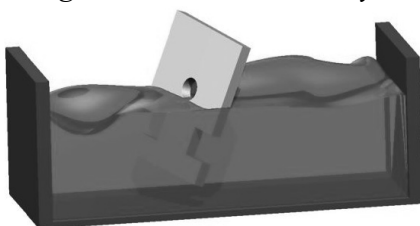
- Deriváty celulózy, Polyvinilalkohol, kaučuk, latex, pvc-plasty.

*Užití:*

*( Pasty ~ 50% )*

Výroba ochranných povlaků a prostředků

*(Pracovní, chirurgické rukavice, kondomy, balónky, dudlíky, ...)*



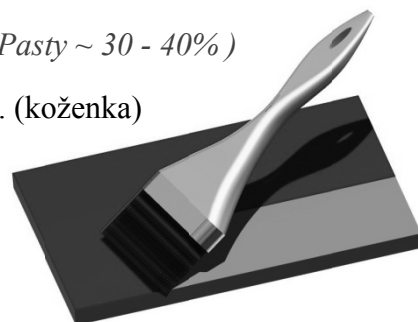
## 2. Natírání:

*Užití:*

*( Pasty ~ 30 - 40% )*

Převážně pro výrobu tzv umělé kůže. (koženka)

- PVC, ...



## 3. Odlévání:

(zpracovávají se tak termoplasty i reaktoplasty.)

Odlévání,

Fenolformaldehyových pryskyřic

=> Polotovary profilů a bloků

Uretanových pryskyřic

=> Knoflíky

Epoxidových pryskyřic

=> Impregnace vodičů a motorů

PVC pan ( želatinace )

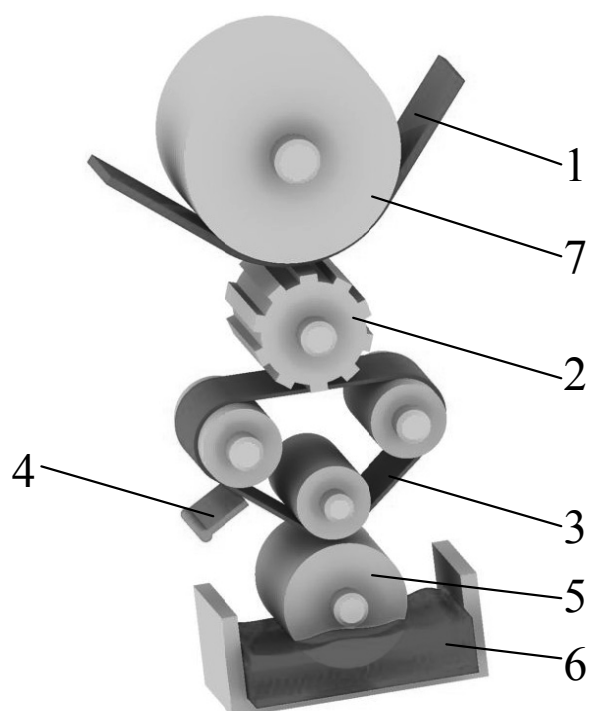
=> Duté předměty

*( Odstředivé lití pro tloušťky stěn nad 50mm)*



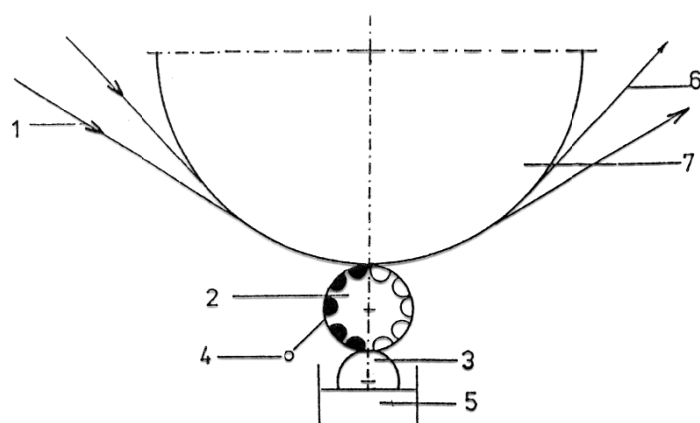
Kapalné kaučuky —> pružné formy pro sítotisk.

## Potisk



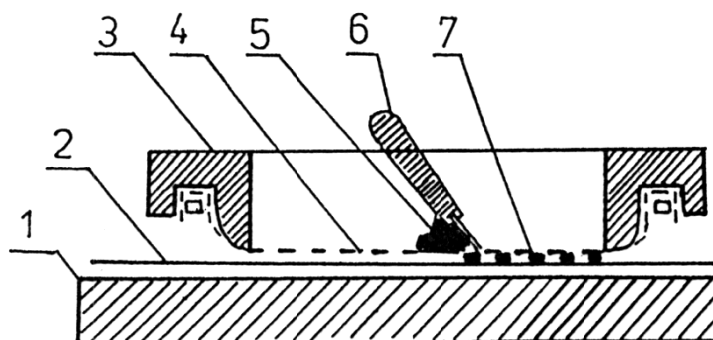
Obr. 1. Schematické znázornění jednotky pro tisk z výšky.

1 - potiskovaná fólie, 2 - tiskový válec, 3 - textilní podložka,  
4 - stěrači nůž, 5 - nanášecí válec, 6 - barevník, 7 - přitlačný válec.



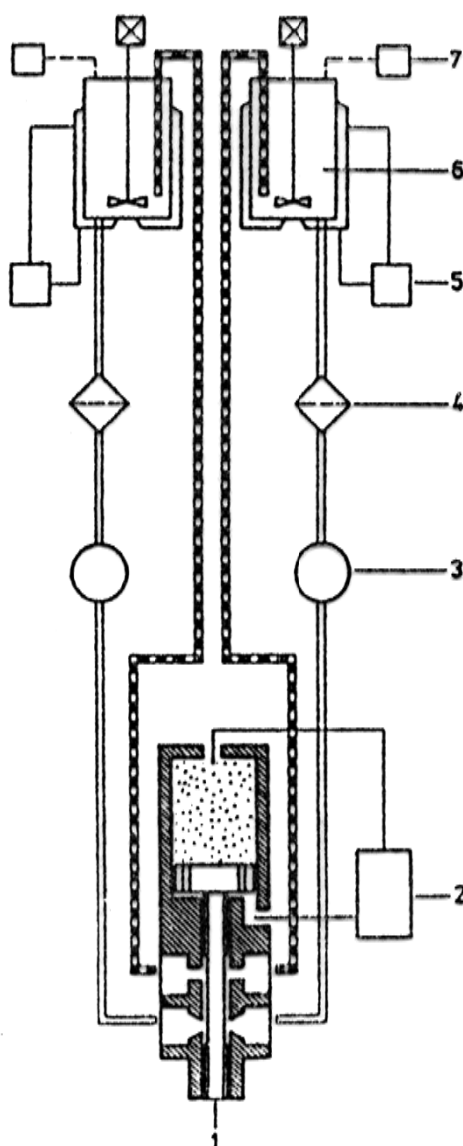
Obr. 2. Schematické znázornění jednotky pro tisk z hloubky.

1 - potiskovaná fólie, 2 - tiskový válec, 3 - nanášecí válec,  
4 - stěrači nůž, 5 - barevník, 6 - podložka, 7 - přitlačný válec.



Obr. 3. Schematické znázornění sítotisku.

1 - pracovní stůl, 2 - potiskovaná fólie,  
3 - rám, 4 - síto, 5 - barva, 6 - stěrka, 7 - tisk.



Obr. 4. Funkční schéma vysokotlakého stroje RIM

1 směšovací hlava (směšovací komora je uzavřena),  
2- hydraulická jednotka, 3 - dávkovači vysokotlaké čerpadlo,  
4 - filtr, 5 - regulátor teploty, 6 - zásobník, 7 - stlačený vzduch