

## 4.2 Vytváření (tažením) z plastického těsta

Plastické těsto - obsah vody 15 – 25 %.

- **tažení na šnekovém lisu** - přímo (cihlářské zdící tvarovky, kanalizační trouby aj.)  
– nepřímo (**plástve** → vytáčení, ražení),
- **ražení** (přelisování) - např. ražená pálená střešní krytina, kachle,
- **vytáčení** (válcování) - rotačně symetrické výrobky jemné keramiky (porcelán).

**plastičnost (tvárnost) těsta** = schopnost pevné látky měnit tvar působením vnějších sil, aniž by se porušila její celistvost (vznikly trhlinky)

Změna tvaru ⇒ působící síly překračují **mez toku** plastického těsta (10 až 100 kPa).

Posouzení tvárnosti - Pfefferkornova metoda - empirické rovnice pro výpočet **meze toku**  $\tau_K$  a **tuhosti** těsta  $C$ :

$$\tau_K = 10 \cdot \frac{Z \cdot (h - h_1)}{2 \cdot V \cdot \ln\left(\frac{h_0}{h_1}\right)} \quad [\text{Pa}] \qquad C = 0,1 \cdot \frac{h_1}{h_0 - h_1} \quad [\text{MPa}]$$

$Z$ ...hmotnost závaží (= 1,2 kg) [kg],  $h$  – výška pádu (185 mm) [m],

$V$ ...objem zkušební tělíska ( $v = 40$  mm,  $\varnothing = 33$  mm) [ $\text{m}^3$ ],

$h_0, h_1$ ... výška zkušební válečku původní a po stlačení [m],

Parametr	Měkké	Polotuhé	Tuhé
Vlhkost [%]	20 – 27	15 – 20	12 – 15
Deformační poměr [-]	0,35 – 0,55	0,55 – 0,77	Nad 0,77
Mez toku [kPa]	48 – 29	102 – 48	102
Lisovací tlak [MPa]	1,4 – 0,4	2,5 – 1,4	5,0 – 2,5

**Textura** = makroskopicky zřetelné směrové uspořádání mikrostruktury střepu. (zhoršuje pevnost, mrazuvzdornost apod.). Vzniká při vytváření dochází díky odmísení nebo usměrnění orientace zrn.



# 4.2.1 Reologie plastických těst (teorie)

Chování plastického těsta lze popsat reologickými vlastnostmi.

**Reologie** = věda o deformacích a toku hmoty.

- vztahy mezi napětím a deformací, příp. rychlostí deformace.

**Napětí** = síla na jednotku plochy.

- normálové napětí  $\sigma$  - vyvoláno silou působící kolmo k ploše (stlačení, prodloužení),
- tangenciální (tečné) napětí  $\tau$  - vyvoláno silou v rovině plochy (smyk, střih).

**Deformace** - změna tvaru tělesa způsobená vnější případně vnitřní silou. Vytváření z plastického těsta se děje deformací (přetvářením). Může být:

- vratná = pružná (elastická tělesa) nebo
- nevratná = plastická (plastické látky).

Deformace jsou:

- relativní délkové - (smrštění, roztažnost) způsobené normálovým napětím

$$\varepsilon = \pm \frac{l}{l_0}$$

- relativní smykové - (přetvoření) způsobené tangenciálním napětím.

$$\gamma = \frac{dx}{dy} = \operatorname{tg} \alpha$$

Vyjadřuje se také rychlost (gradient rychlosti) deformace D:  $D = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{dv}{dy}$

# Plastické trvalé deformace se dějí smykem, nerovnoměrným triaxiálním tlakem.

Reologické vlastnosti látek popisují reologické křivky = reogramy – závislosti:

$$\gamma = f(\tau),$$

$$\tau = f(t),$$

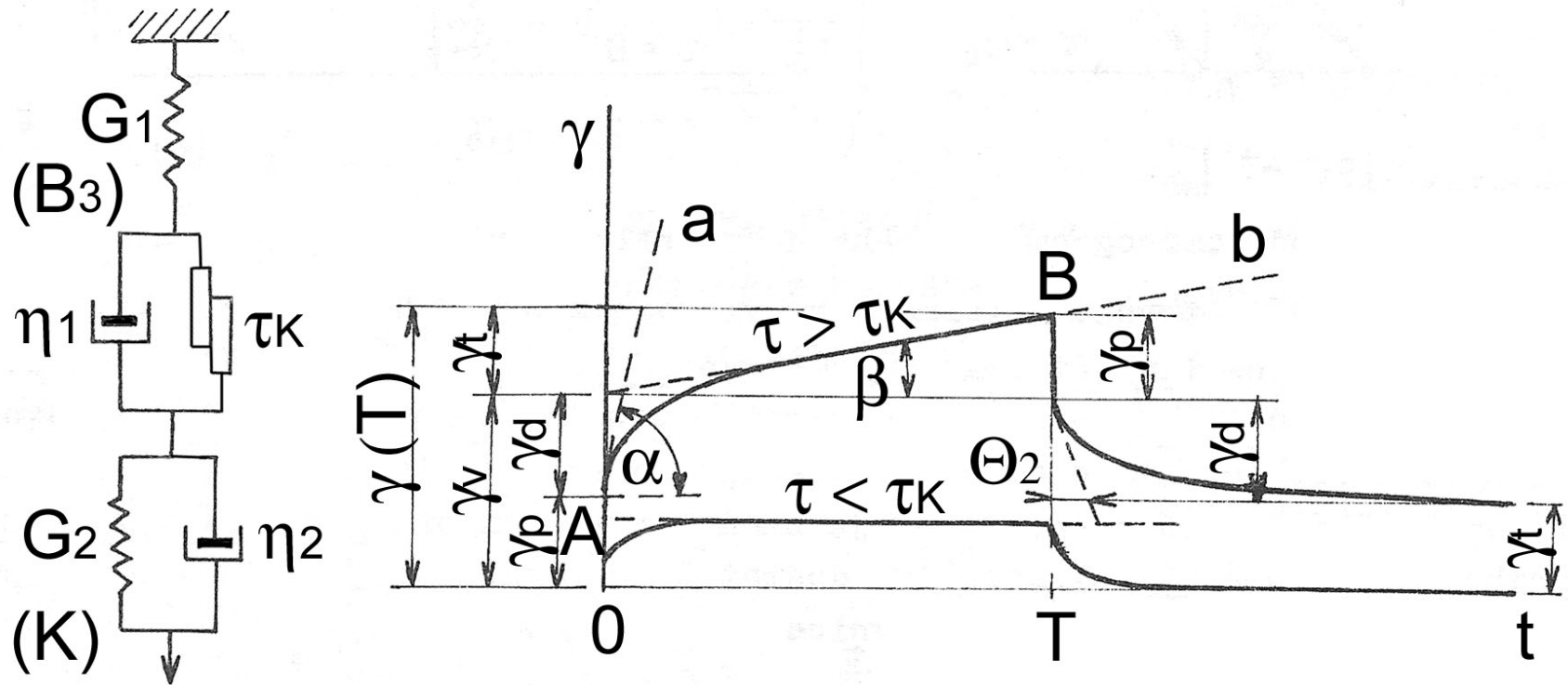
$$\tau = f(D),$$

$$\gamma = f(t) \text{ apod.}$$

# 4.2.1.1 Reologický model plastického těsta

Mechanický model MSchK (**Maxwell – Schwedow – Kelvin**) - sériové zapojení Binghamova tříprvkového (B3) modelu s modelem Kelvinovým (K)  $\Rightarrow$  (K = H | N).

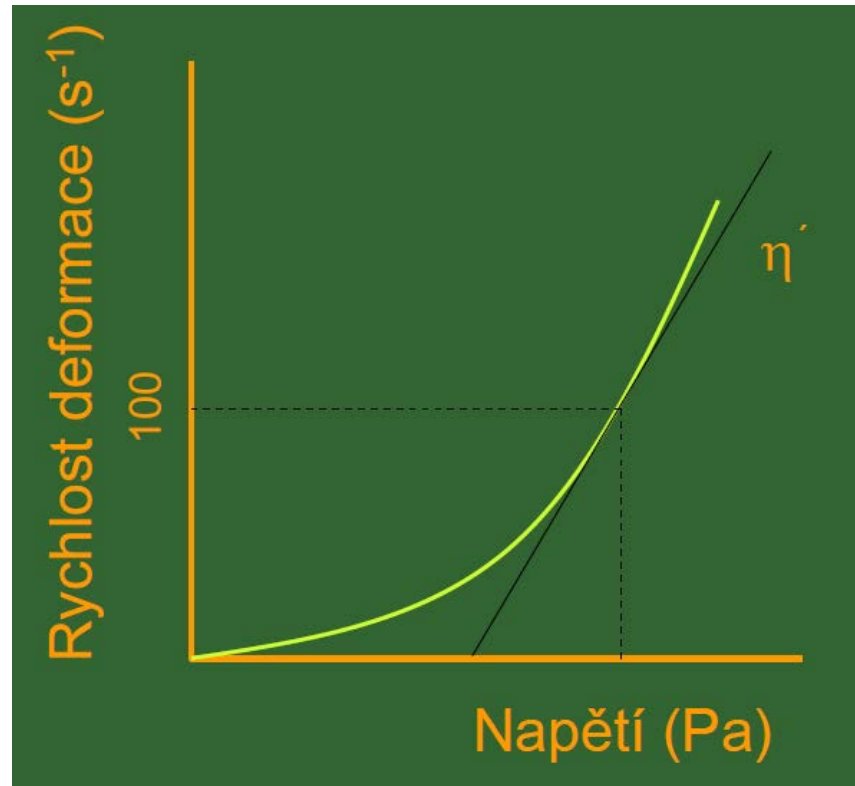
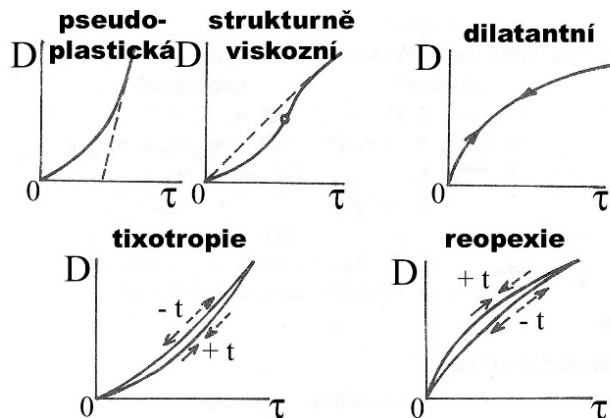
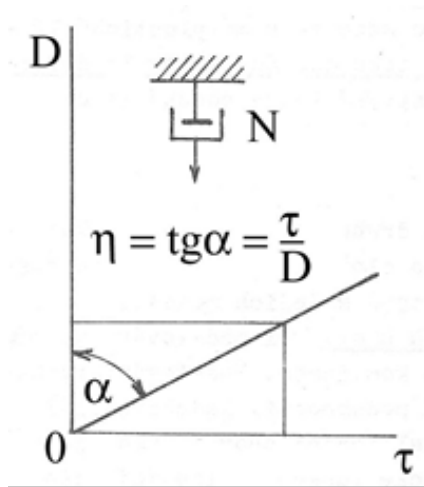
- pod mezí toku  $\tau_K$  jeví pružnost a dopružování a
- nad mezí toku  $\tau_K$  dotvarování a relaxaci.



G-Hookova pružná látka (modul pružnosti),  $\eta$ -Newtonova viskózní kapalina (viskozita),  $\tau$ -St. Venantova plastická látka (mez toku)

# Pozn. Viskozita

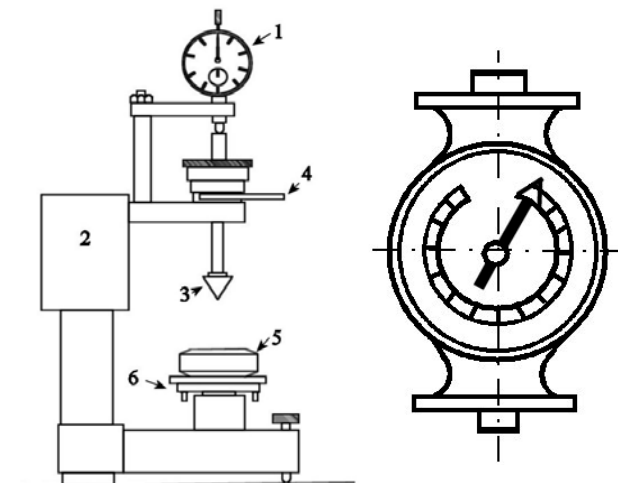
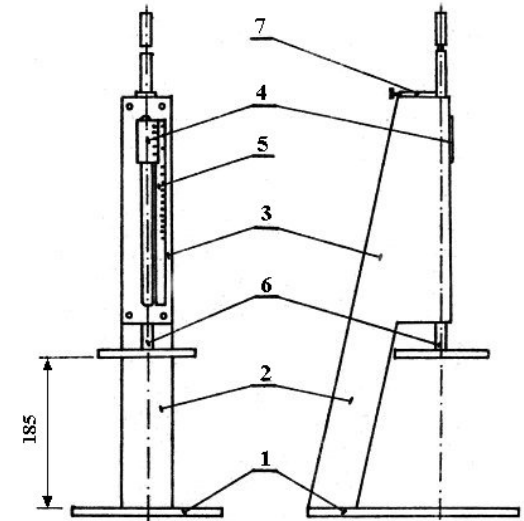
- Newtonovská x nenewtonovská (nelineární) kapalina - diferenciální a zdánlivá viskozita.
- Tixotropie, reopexie



# 4.2.2 Ovlivnění reologických vlastností plastického těsta

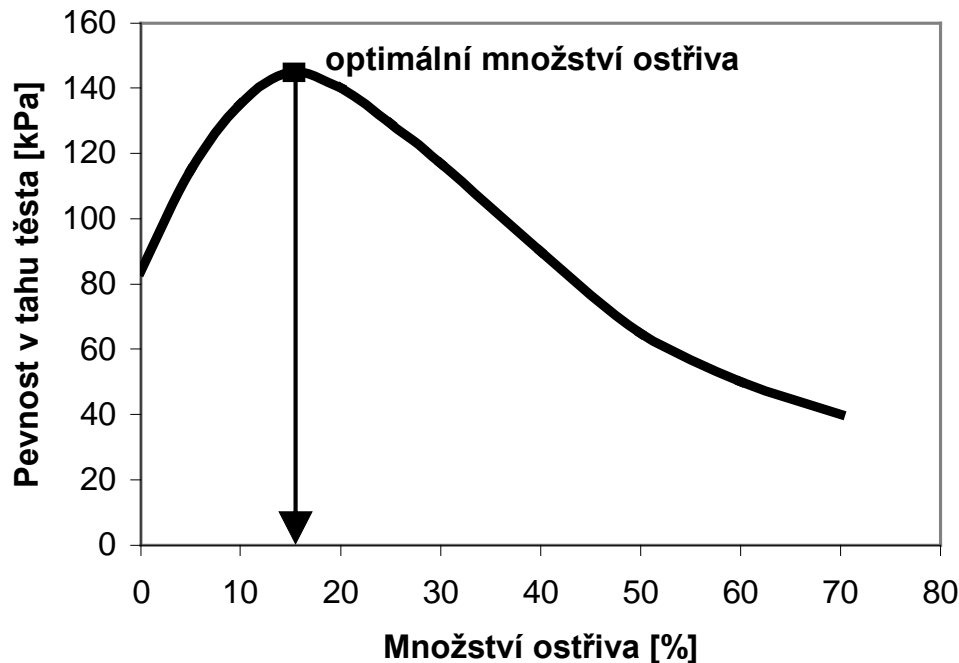
## 1. Obsah rozdělovací vody

- deformační poměr na Pfefferkornově přístroji, plastometry, penetrometry.
- vyšší  $\Rightarrow$  snížení spotřeby energie x těsto ztrácí schopnost tvarování a roztéká se nebo lepí, výlisek nemá dostatečnou manipulační pevnost, roste smrštění sušením, prodlužuje se doba sušení, zvyšuje se spotřeba tepla a vzduchu, snižuje se pevnost vypáleného střepu.
- automatická regulace např. podle příkonu motoru šnekového lisu nebo podle tlaku těsta v předústí.



## 2. Ostření

- Ostřiva zabraňují posuvu jílovinu působením vnějších sil  $\Rightarrow$  zvýšení plastické pevnosti, meze toku a modulu pružnosti těsta (snižuje se jeho plastičnost).
- Význam u velmi plastických zemin s malým odporem při přetváření a nízkou mezí toku.





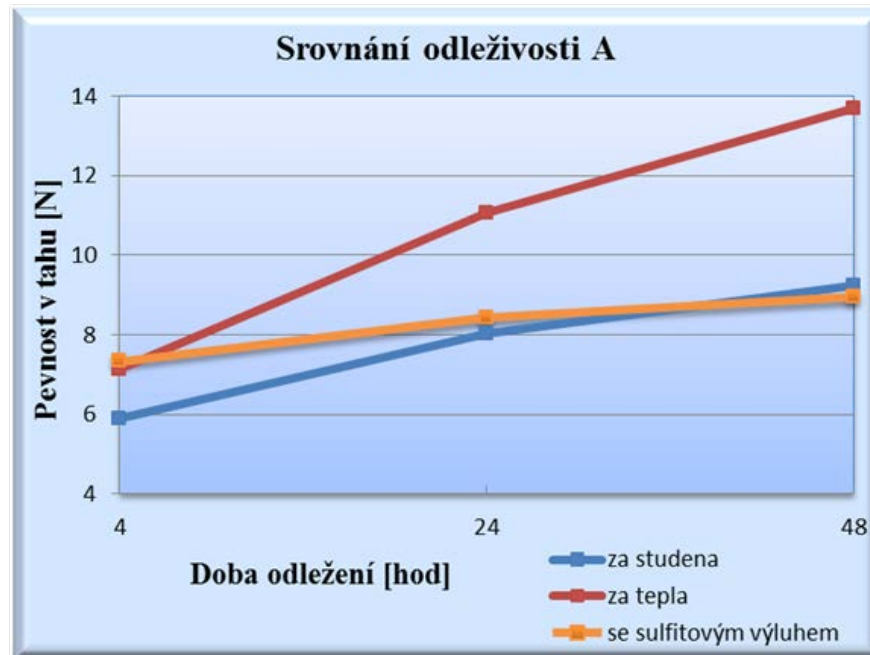
### 3. Odvzdušňování

- V plastickém těstě až 2 - 6 % obj. vzduchu - zhoršuje o vytvářecí vlastnosti (inertní ostřivo), zabraňuje zhutnění výlisku.
- ve vakuových šnekových lisech → 0,4 - 0,9 % obj.
- roste pevnost a klesá nasákavost střepu x zpomalení sušení, při poklesu optimálního vakua náchylnost ke tvorbě textury.
- Vhodné především:
  - u málo plastických surovin,
  - při vytváření tenkostěnných výrobků,
  - při vyšším obsahu ostřiv (lehčiv) v těstě.



## 4. Odležení

- Plastičnost těsta se zlepšuje (roste pevnost v tahu těsta na osmičkách) delším uložením (3 až 14 dní) v odležárnách (běžně pomletá, promísená a provlhčená směs surovin).
- Reakce mezi vodou a jílovými zrny (tvorba micel) - **intermicelární a intramicelární bobtnání** → rozklad jílových minerálů → roste měrný povrch a zvyšují se přitažlivé síly mezi zrny.

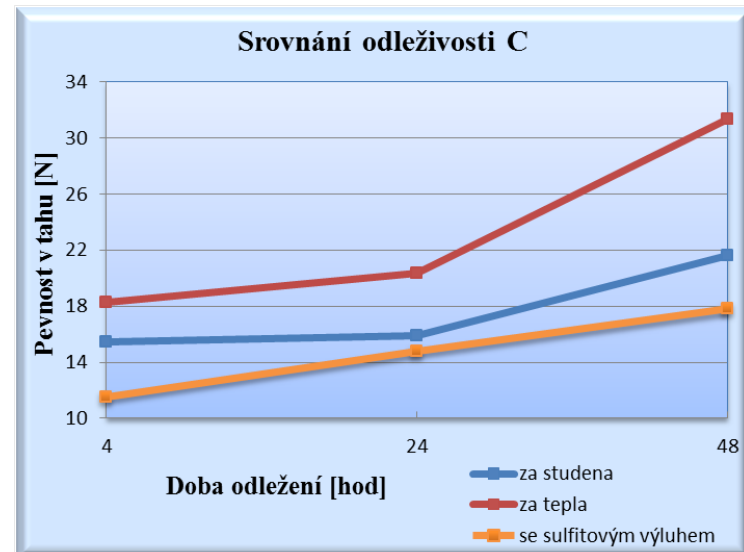
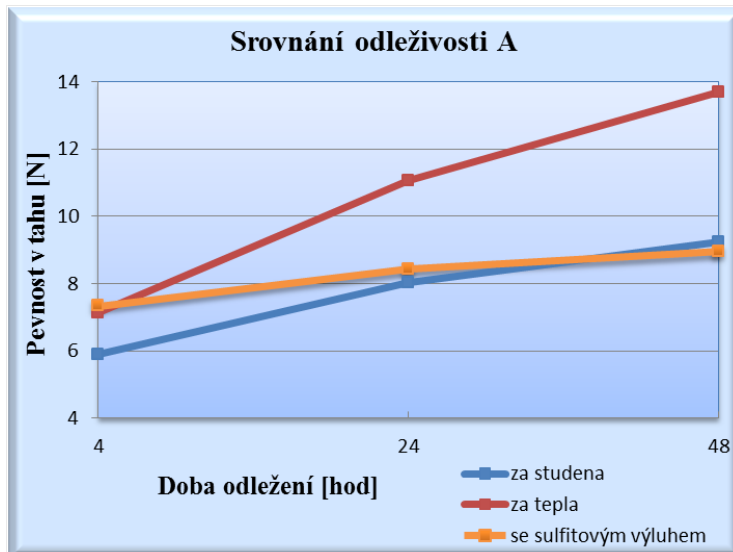


## 5. Proteplování a proprařování

Zvýšení teploty plastického těsta  $\Rightarrow$  snížení množství rozdělovací vody při zachování přetvárných (reologických) vlastností těsta, snížení termodifúze při sušení.

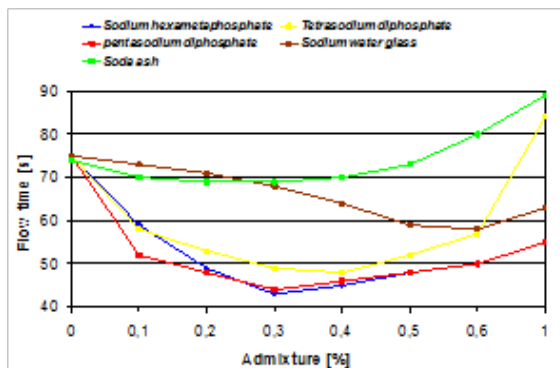
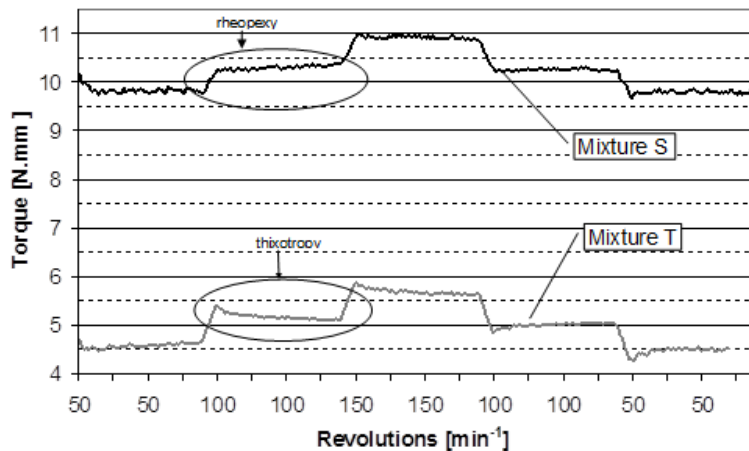
- menší povrchové napětí a viskozita vody za tepla  $\Rightarrow$  menší odpor těsta proti přetváření,
- rychlejší pronik teplé vody, resp. páry do mikropórů i krystalové mřížky jílových minerálů  $\Rightarrow$  kratší doba odležení (tzn. rozpojení, peptizace a bobtnání zrn, vznik micel).

**Experiment** - proprařené plastické těsto stejné reologické vlastnosti po odležení 72 hodin jako těsto neproprařované po odležení až 10 dnů.



## 6. Používání chemických přísad

- elektrolyty - chemické látky působící na bázi výměny kationtů ovlivňují tloušťku lyosféry na povrchu jíln. minerálů (velikost  $\zeta$ -potenciálu) . Na-ionty (např.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) tloušťku lyosféry zvětšují  $\Rightarrow$  těsto je plastičtější x ionty  $\text{Ca}^{2+}$  ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) zmenšují tloušťku lyosféry  $\Rightarrow$  plastičnost těsta klesá, snižuje se citlivost k sušení.
- povrchově aktivní látky (např. sulfonáty) - zvyšují smáčivost zrn a urychlují hydrataci jílových minerálů  $\Rightarrow$  zvýšení plastičnosti těsta



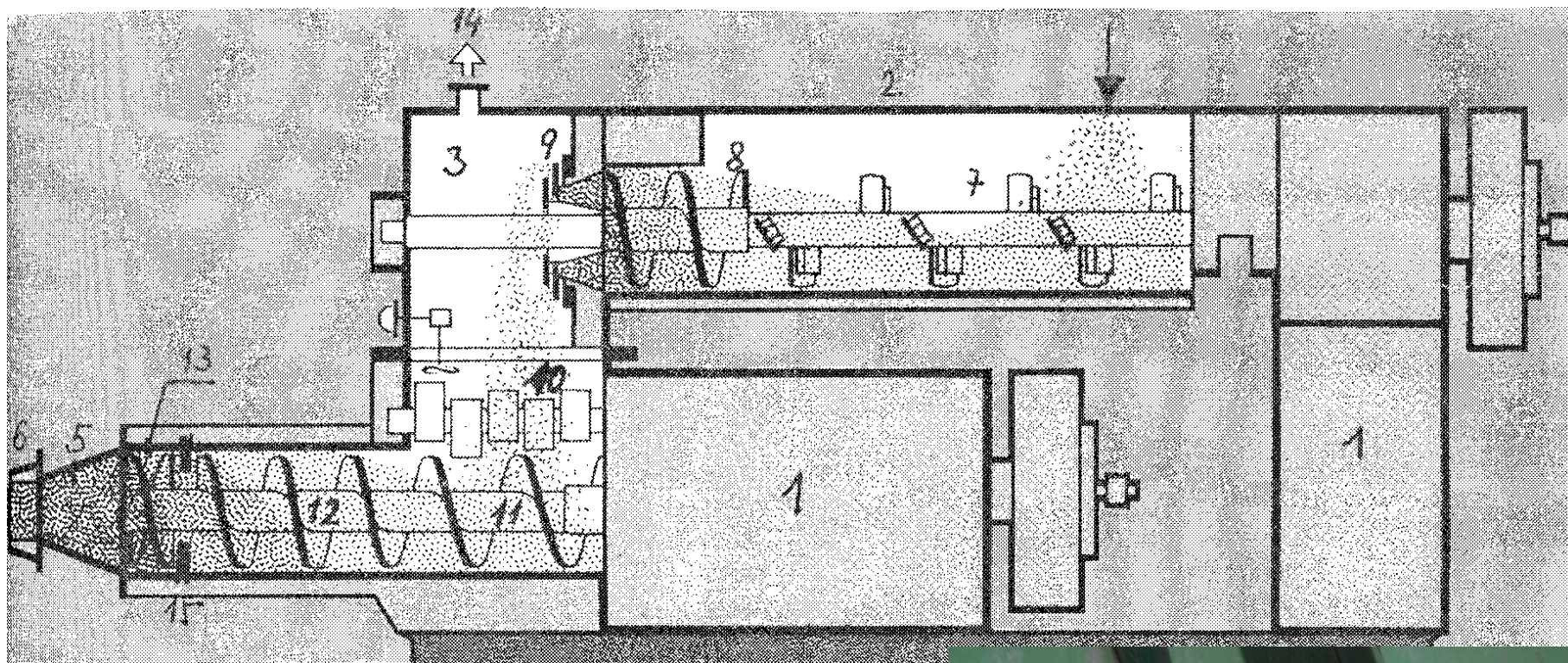
Batch		Water content [%]	Drying shrinkage [%]	Green body flexural strength [MPa]
S	Referenční směs	29,0	- 8,78	7,3
H	0,3% sodium hexametaphosphate	26,1	- 8,03	8,7
P	0,3% tetrasodium diphosphate	28,1	- 8,50	10,8
T	0,3 % pentasodium triphosphate	27,0	- 8,43	9,1
V	0,5 % sodium water glass	27,9	- 7,88	10,0

# 4.2.3 Technologie vytváření tažením z plastického těsta

Základním technické zařízení - **vakuový šnekový lis** (horizontální a vertikální).

Funkce:

- **Zhutňování** (možné i odvodušnění).
- **homogenizace**,
- kontinuální vytlačování pásma.
- Lisovací tlak zajišťuje pohyb těsta, přeformování těsta a překonává odpor vnitřního tření v předústí a v ústí.
- **Rozdělení rychlostí výtlaku** v ústí není rovnoměrné  $\Rightarrow$  řeší se usměrňování rovnoměrného výtlaku a omezuje se rotace těsta v komoře lisu.
- Vytlačované pásmo těsta musí mít **hladký povrch**.
- Po vytlačení z ústí dopružování asi 2 % po uvolnění napětí (expanze vzduchu v dutinách nebo nevhodná konicita ústí).



**Jednotlivé funkční součásti šnekového lisu:**

**Dvouhřídelový mísič.**

**Vakuová komora s vývěvou**

**Šneková komora**

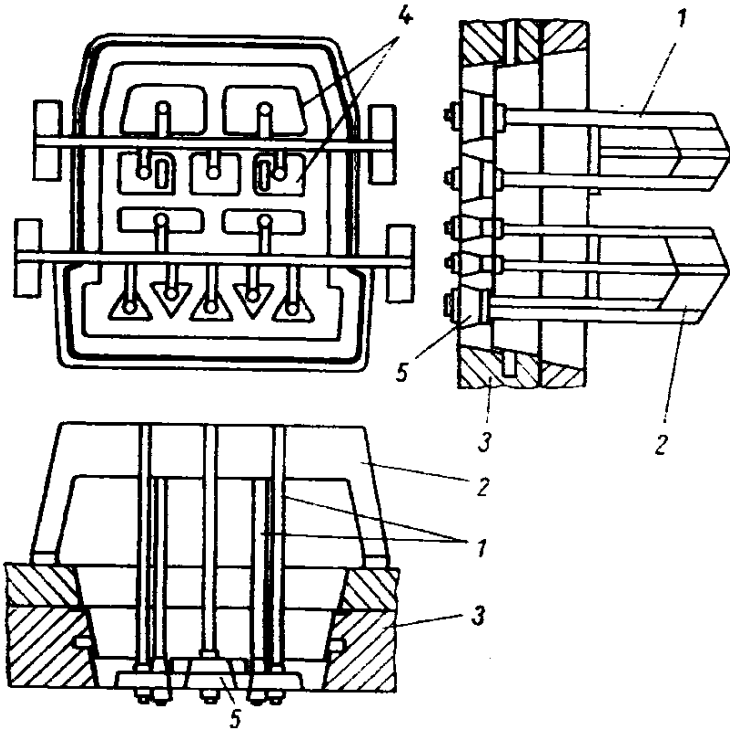
**Koncový šnek**

**Předústí.**

**Ústí šnekového lisu**



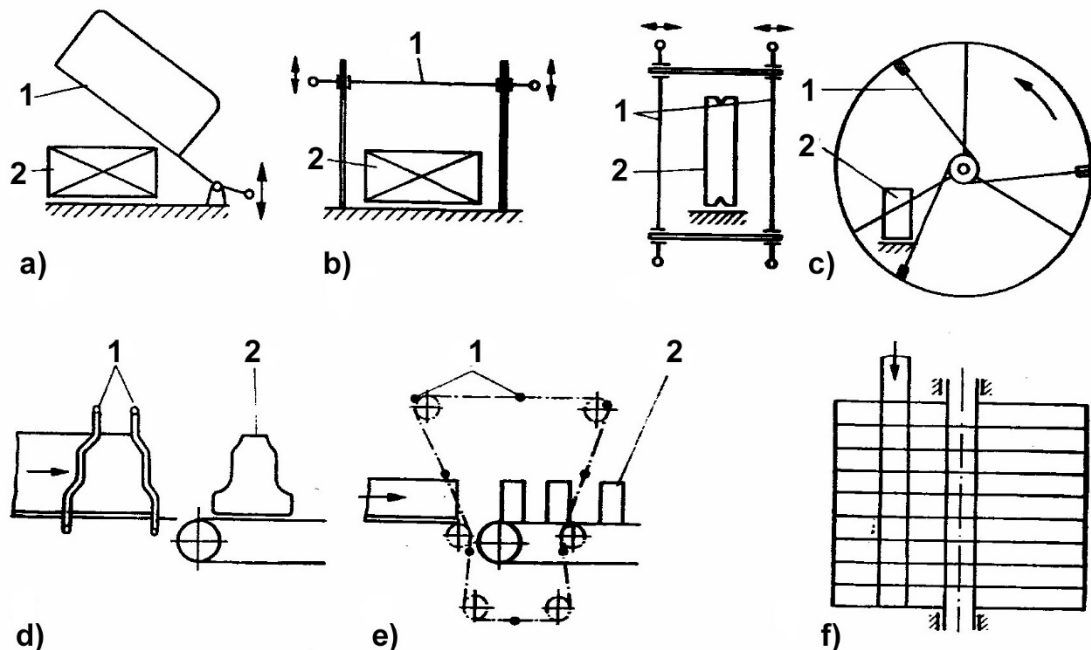
- Ústí šnekového lisu



1 – trny, 2 - třmeny, 3 – formovací kanál (určující hlavní rozměry výlisku), 4 – jádra, 5 – upevnění jader na trny



- Každý šnekový lis doplněn **odřezávači** - dělí nekonečné pásmo na jednotlivé výlisky



**1 – řezací drát, 2 – výlisek. a,b – úhlové řezání, vertikální řez (plné a děrované cihly, plástve), c – horizontální skřipcový řez (dlaždice, výlisky s hladkým řezem bez ozubů), d – tvarové řezání - drát je veden v kulise (složitě tvarované tašky, hurdisky), e – oběhové řezání pro velkou rychlost výtlaku (plné a děrované cihly, plástve), f – harfové řezání pro velké výkony (plné a dutinové cihly).**

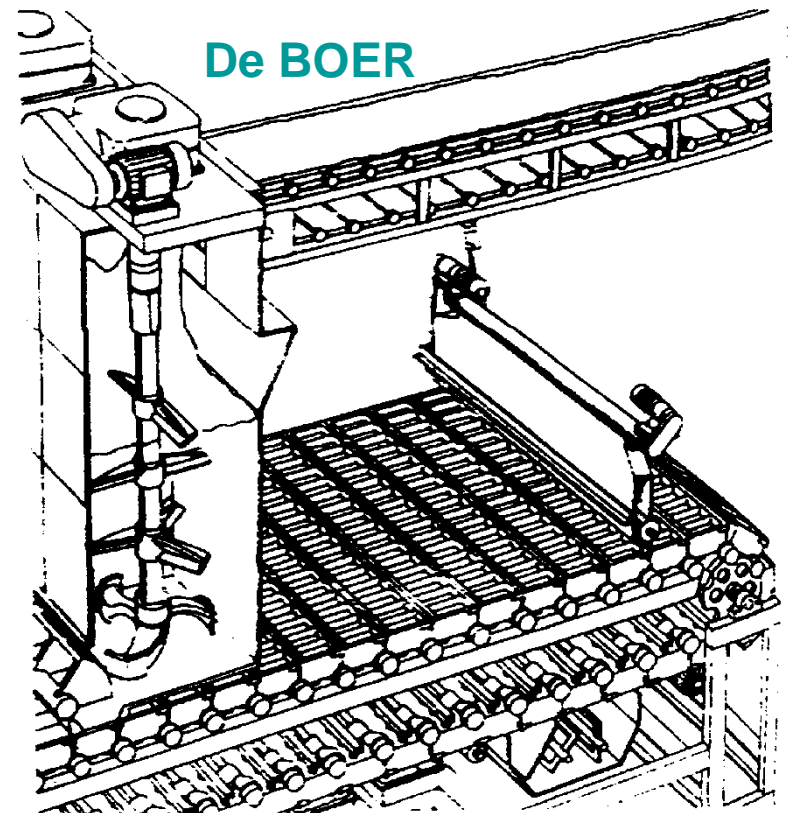
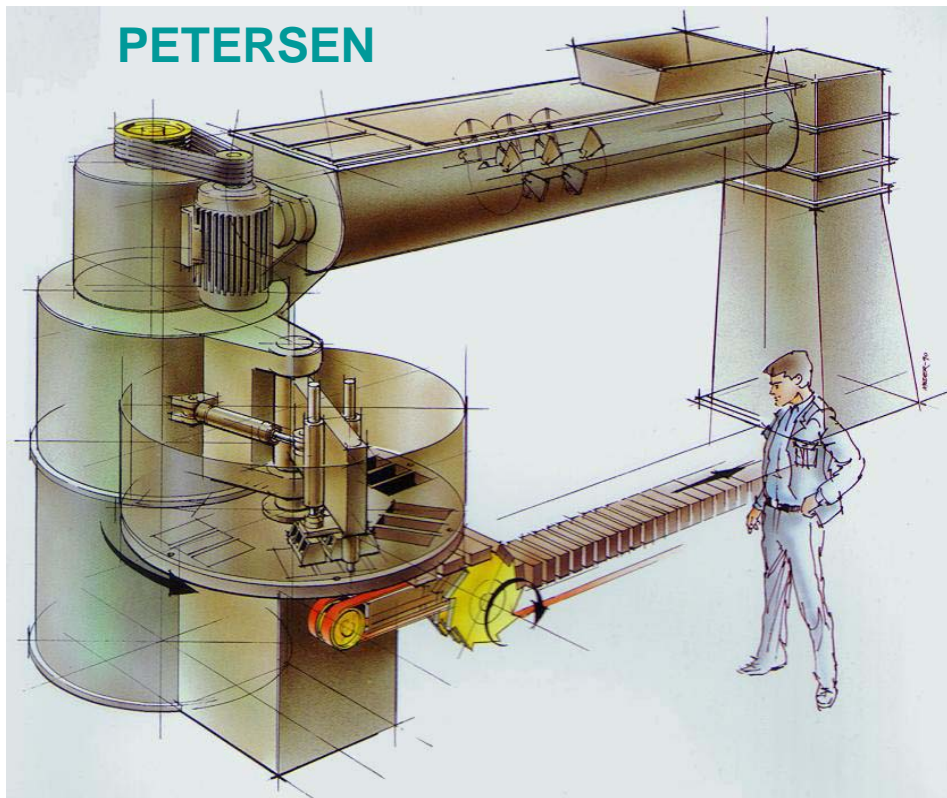


# Vytváření tažením na šnekovém lisu + odřezávání



# Vytváření měkkým lisováním

- napodobení ručního formování (systém PETERSEN)
- stírání vodou (systém DE BOER) na oběžném pásu. Povrch se stírá vodou a případně pískuje.
- Běžná příprava surovinové směsi → tzv. lisovací kotel → vytlačování těsta tlakem 300 až 700 kPa (podle tuhosti těsta) do forem



# Vytáčení

- Rotačně symetrické tvary – strojní, ruční (kruh)

