

4.3 Vytváření litím z břechek (suspenzí)

- obsah vody kolem 50 %.

3 fáze:

- příprava stabilní a tekuté suspenze,
- tvorba střepe v kapilárně pórovitých formách,
- tuhnutí střepe a jeho zpevňování



4.3.1 Příprava licí břěčky

Keramická břěčka (licí suspenze) = hrubý koloidní disperzní systém s neneutonským reologickým chováním (obvykle tixotropie).

Příprava licích břěček - **ztekucení** = úprava viskozity břěčky pro maximální tekutost při minimálním obsahu vody.

Bez použití **ztekucovadel** až 200 % vody x při správném použití ztekucovadel 35 - 60 % při stejné viskozitě.

SÁDROVÉ FORMY



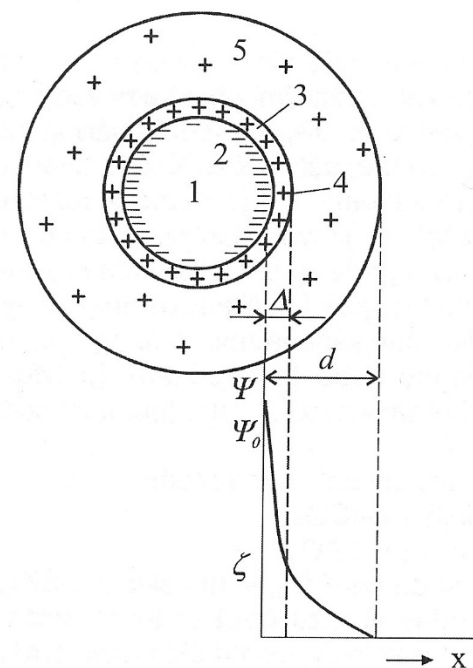
4.3.1.1 Ztekucování břechek

Ztekucování = zabránění shlukování pevných částic (koagulaci) \Rightarrow zajistit odpuzování jednotlivých zrn v suspenzi = koagulační stabilita, resp.

dispergace (deflokulace, peptizace).

- vysoký měrný povrch jílových suspenzí \rightarrow koagulační snaha o snížení energeticky nevýhodného vysokého měrného povrchu.
- lyofilní jádro micely (jílovinové částice) \rightarrow v suspenzi vzniká obalová vrstva s nábojem (lyosféra) - rozhraní mezi vrstvou vody adsorpčně vázané na povrchu částice a volnou vodou v disperzním prostředí = elektrokinetický ζ -potenciál.

- 1-jádro micely (např. částice kaolinitu),
- 2-záporný náboj na povrchu micely,
- 3-kladný náboj první části vnější elektrické vrstvy,
- 4-fázové rozhraní mezi částicí a disperzním prostředím (voda),
- 5-náboj druhé části vnější elektrické vrstvy



Velikost ζ - potenciálu: $\zeta = 4.\pi.e.d.\varepsilon^{-1}$

e...náboj jádra micely [C],

d...tloušťka difuzní dvojvrstvy, kde působí přitažlivé síly micely = tloušťka lyosféry [m],

ε ...permitivita disperzního prostředí (vody) [F.m⁻¹].

- **ζ - potenciál nad 30 mV \Rightarrow převládnou mezi částicemi odpudivé síly, čímž nedochází k jejich shlukování = stabilizace suspenze,**
- **ζ - potenciál pod 30 mV \Rightarrow nebezpečí koagulace - postupné spojování lyofilních zrn v souvislou hmotu - (gel).**

1. Ztekucování pomocí elektrolytů na bázi **výměny kationtů**.

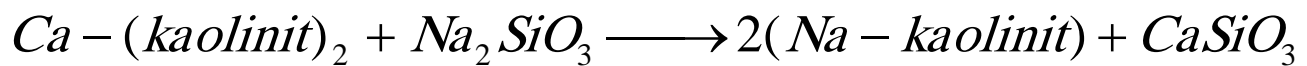
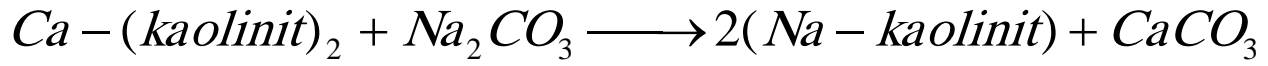
Licí suspenze z kaolinů a jílů - převážně vápenaté, hořečnaté a hlinité kationty x

Hofmeisterova lyotropní řada:

	$\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{Sb}^{2+} < \text{Ba}^{2+} < \text{Al}^{3+} < \text{H}^+$			
vzrůstá	\Leftarrow	tloušťka lyosféry	\Rightarrow	klesá
vzrůstá	\Leftarrow	elektrokinetický ζ-potenciál	\Rightarrow	klesá
roste	\Leftarrow	litelnost suspenze	\Rightarrow	klesá
klesá	\Leftarrow	viskozita suspenze η	\Rightarrow	roste

- **bezvodá soda** Na_2CO_3 (rychlá tvorba střepu, pomalé zpevňování, méně hladký vnitřní povrch),
- **vodní sklo** Na_2SiO_3 (prodlužuje dobu tvorby střepu, pevný střep s hladkým vnitřním povrchem),
- **pyrofosforečnan sodný** $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (účinný v malém množství, intenzivně ztekucuje a snižuje tixotropii),
- **hexametafosfát sodný** $\text{Na}_6(\text{PO}_3)_6$, **tripolyfosfát sodný** (trifosforečnan pentasodný $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)
- **šťavelan amonný** $\text{Na}_2(\text{COO})_2$ (pro Mg-suroviny).

Princip: vytěsňování dvojmocných kationtů (Ca^{2+} , Mg^{2+}) kationty jednomocnými (nejčastěji Na^+).



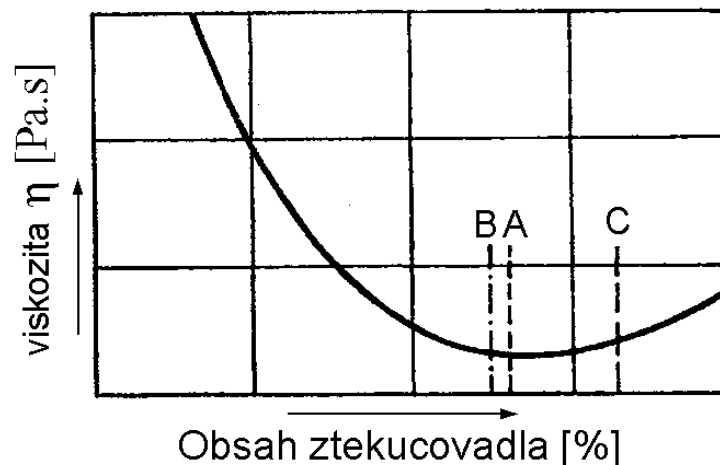
2. Ztekucování ochrannými koloidy.

- vytváření ochranného obalu kolem jílovinových částic - zabraňuje dotyku částic.
- huminové kyseliny, lignosulfonan sodný, karboxymethylceluloza.

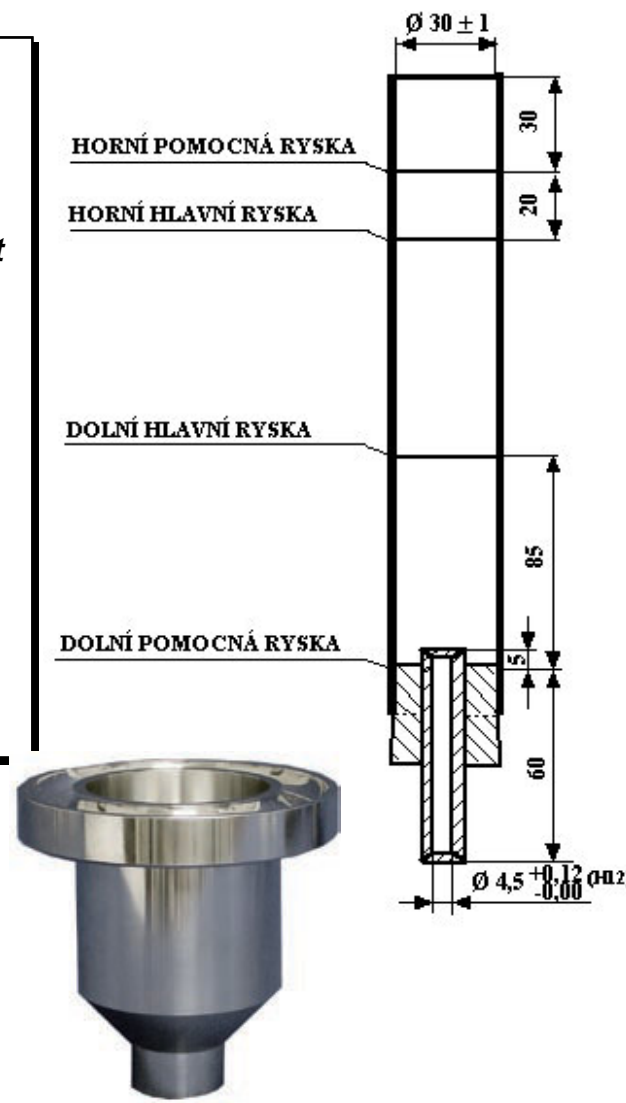
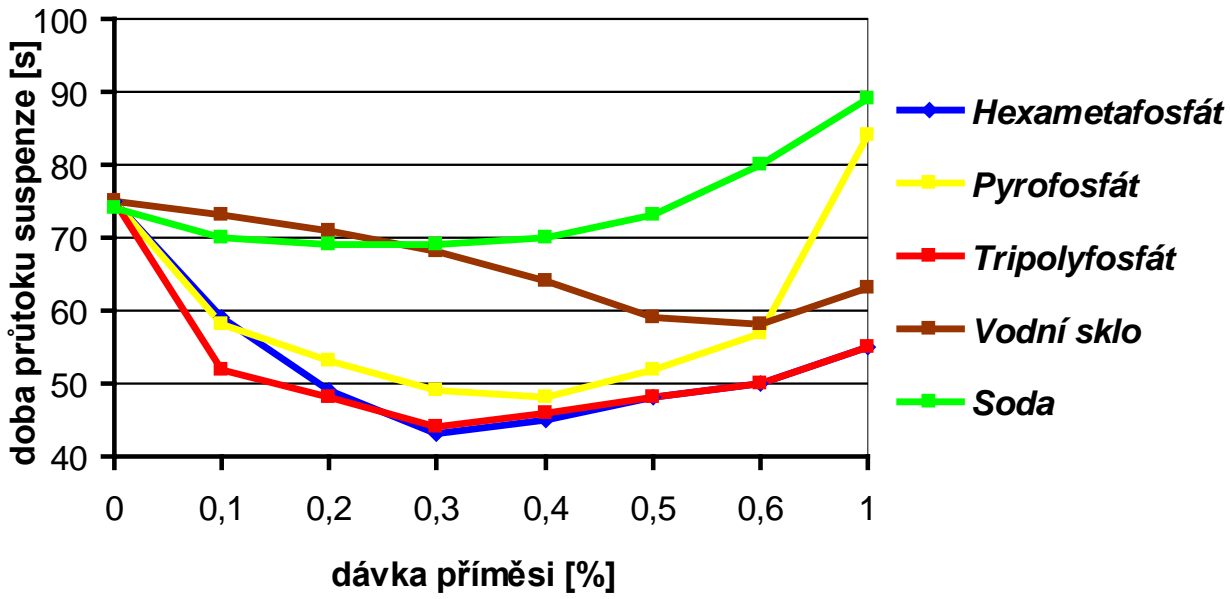
Dávky ztekucovadel - optimalizace měřením viskozity při různých koncentracích přísad → **ztekucovací křivka**.

- ztekucovadla ovlivňují i tixotropii a rychlost tvorby střepe.
- dávky ztekucovadel o něco nižší než optimum (omezení tixotropie břechky).
- zvýšená tixotropie = horší vyplnění formy nalévanou břechkou.

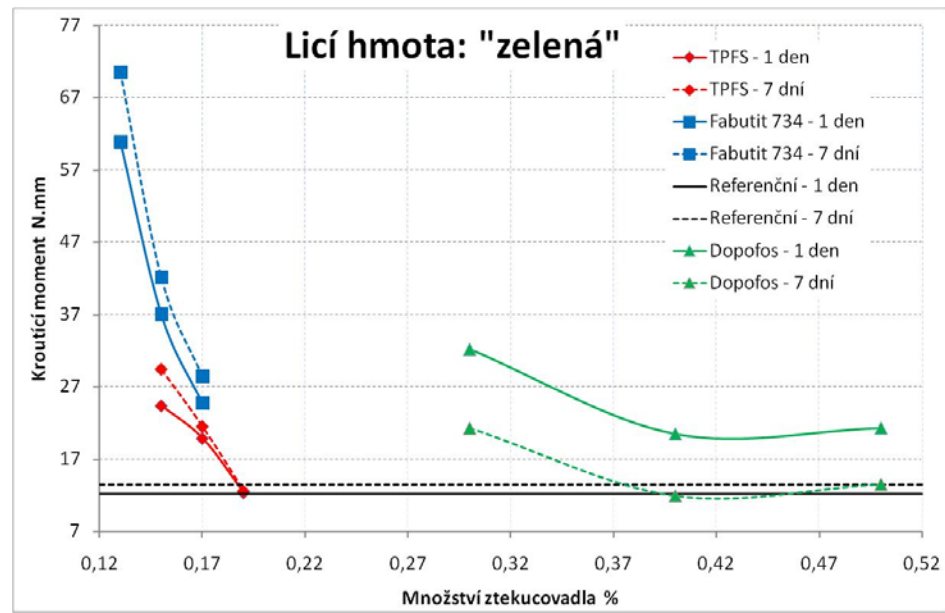
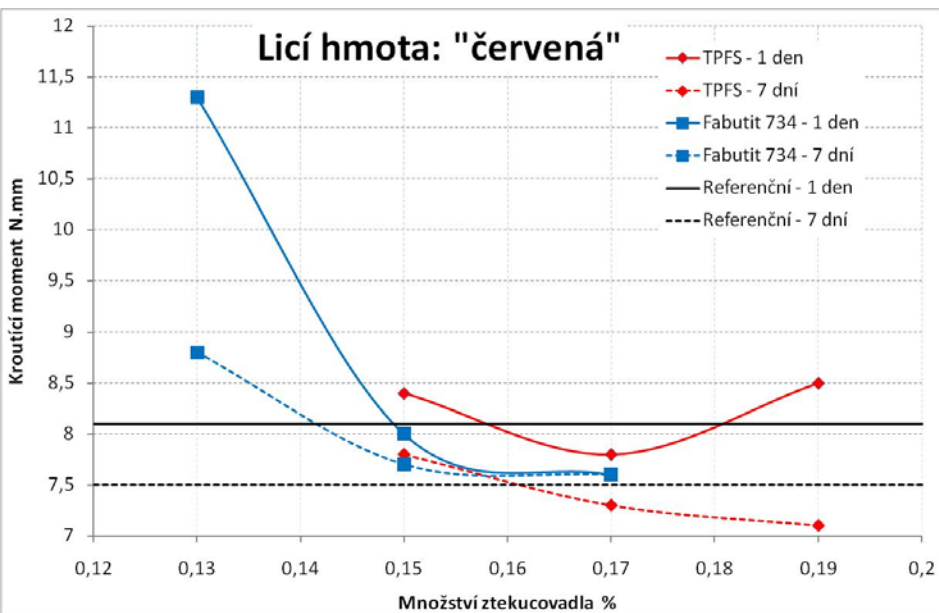
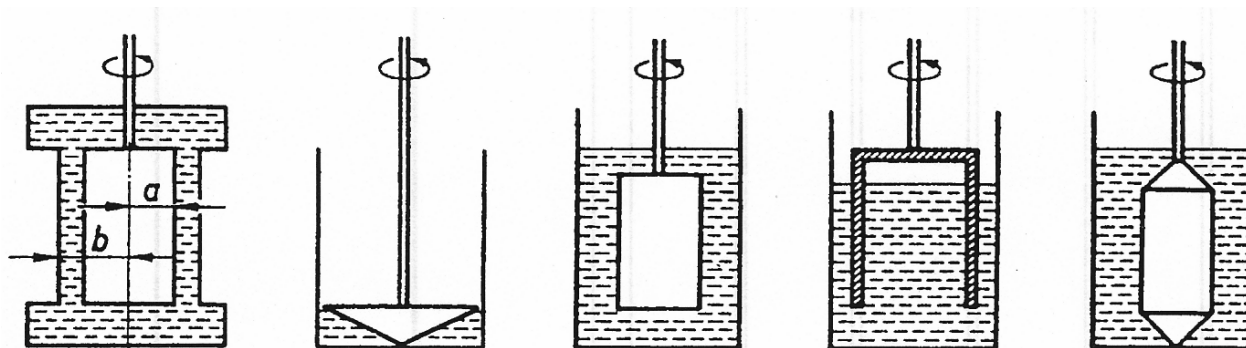
*A – optimální dávka pro minimální viskozitu břechky,
B – oblast s nejnižší hodnotou tixotropie,
C – oblast s malou rychlostí tvorby střepe*



Ztekucovací křivka – průtokový viskozimetr



Ztekucovací křivka – rotační viskozimetr



Požadavky na vlastnosti licí břechky po ztekucení:

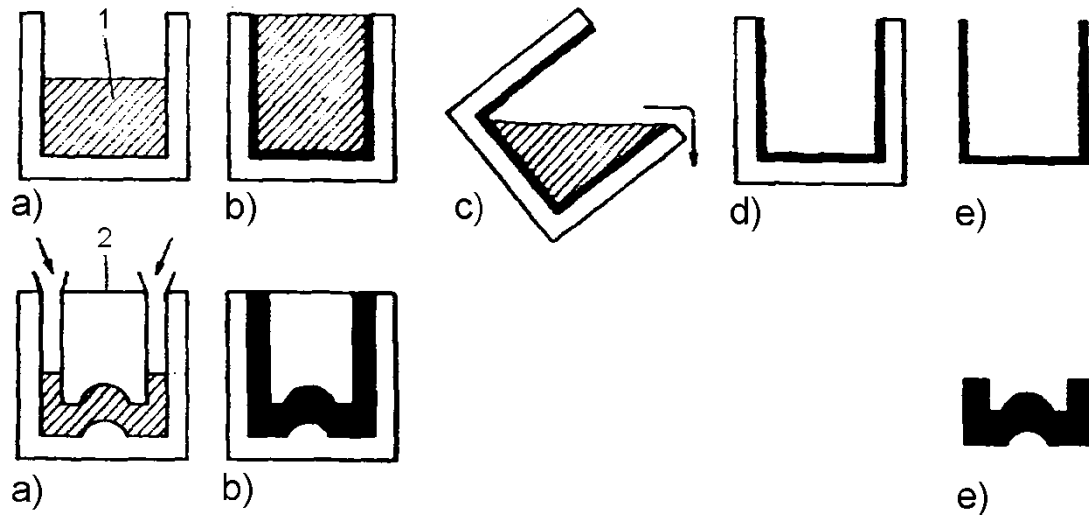
- Dobrá tekutost pro vyplnění všech částí formy po nalití.
- Minimální obsah vody (hrozí přesycení forem).
- Stálost - bez sedimentace a odměšování.
- Zaručí optimální rychlost tvorby střepu.
- Snadná oddělitelnost výlisku od formy.
- Bez bublinek vzduchu.
- Dostatečná pevnost střepu za syrova (při odformování).
- Malé smrštění (x možnost odformování výlisku).

4.3.2 Technologie lití

- vytváření složitých nebo nesymetricky rotačních tvarů - zdravotní keramika (umyvadla, WC mísy aj.).

Technologie lití:

- **na střep** - do otevřené formy, pro výrobky s tenkým střepem,
- **na jádro** - do uzavřené formy (plášť + jádro) otvorem, i pro silnostěnné výrobky složitějšího tvaru.



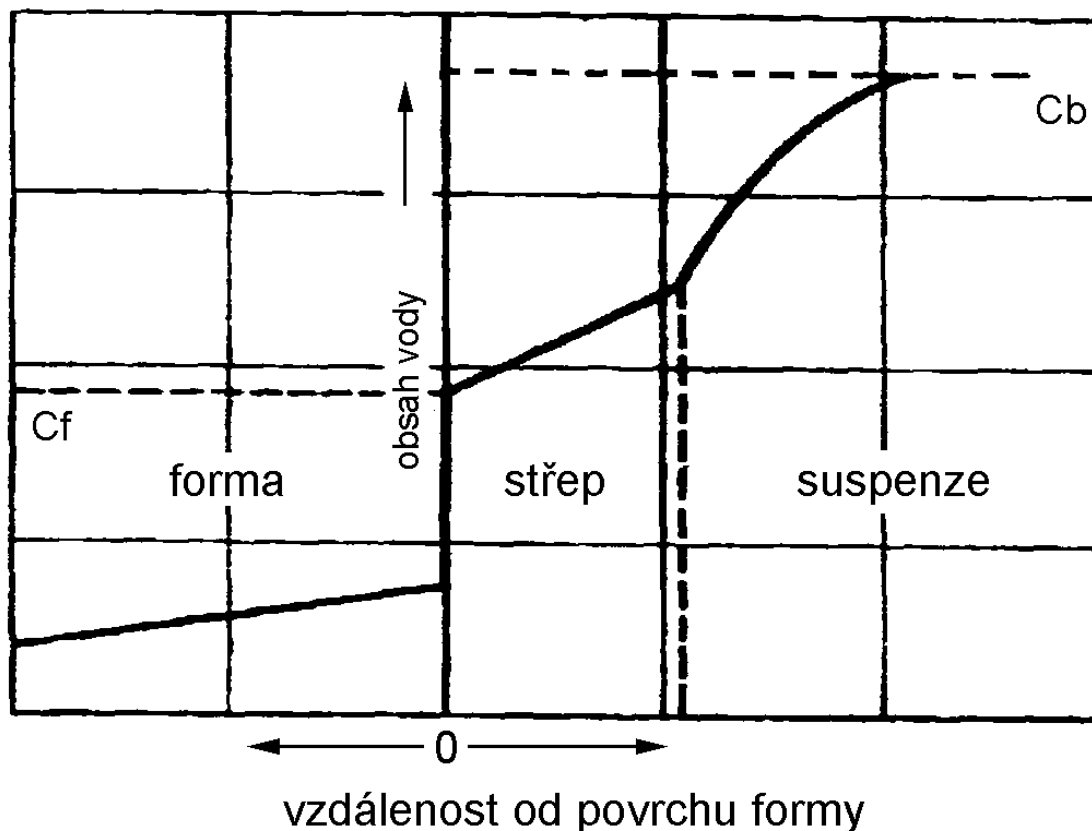
1 – břečka, 2 – jádro formy. Postup: a – nalití břečky, b – tvorba střepu, c – vylití nepoužité břečky, d – zatuhování a smršťování vytvořeného střepu, e – odformovaný odlitek

Pracovní postup:

- Nalítí břechky (bez bublin) do sestavené a vysušené formy (nesmí se vytvořit vzduchové dutiny).
- Tvorba střepu ve formě - voda je odsávána vnitřním povrchem formy (10 – 20 % celkové operace časově).
- Vylití nespotřebované břechky (lití na střep) nebo dolití břechky (lití na jádro).
- Zatuňování střepu (70 – 90 % celkové doby operace) - Obsah vody 12 – 16 % → tzv. „kožený“ stav.
- Odformování odlitku, očištění a dosušování.
- Vyčištění formy, její sestavení a vysušení (sádrové při 70 – 80 °C).

Tvorba střepeu = obohacování obsahu pevných částic v povrchové vrstvě na hranici forma – břečka (**filtrační proces**).

Sádrová forma - *odsává* z břečky vodu + *výměna iontů* mezi formou a licí břečkou \Rightarrow Ca^{2+} přecházejí do břečky \rightarrow **koagulace** \rightarrow urychlení tvorby střepeu. Vytěsněné Na^+ (K^+) s vodou do sádrové formy \rightarrow odpařováním vody na povrchu formy krystalizují v podobě výkvětů.



Licí baterie - mechanizované nalévání břečky i její vylévání, odformování a vysušení forem.



4.3.2.1 Vlastnosti licích forem

- vliv na rychlost tvorby střepu (kapilární póry nasávají vodu ze suspenze).
- Difúzní koeficient formy je nepřímo úměrný době a přímo úměrný druhé mocnině výšky vzlínání vody v kapilárách formy = **součinitel nasávání** (sádrové asi $0,03 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$).
- vysoký \Rightarrow vytvoření hutného střepu na počátku \Rightarrow omezuje další difúzi vody.
- urychlení tvorby střepu - vnější vakuum (podtlak ve formě) nebo přetlaku suspenze (asi 2 – 3 MPa až 7 MPa).

4.3.2.2 Rychlost tvorby střepu

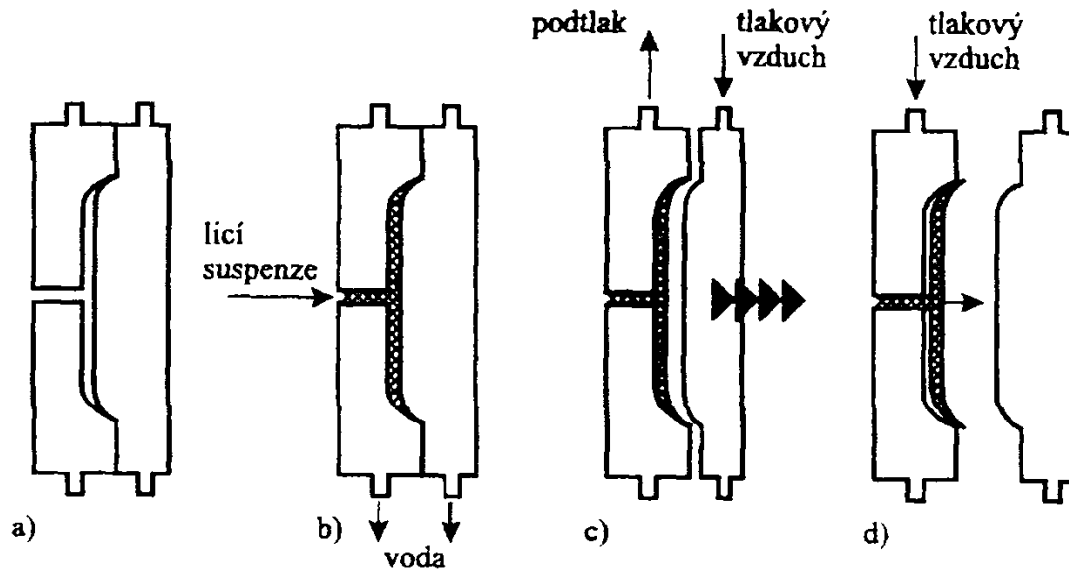
- S časem se přírůstek tloušťky střepu zpomaluje (vyšší odpor odsávání vody z břechky).
- 30 minut po nalití suspenze $\Rightarrow \varnothing 5 - 6$ mm střepu (kamenina, zdravotní keramika).

Tvorbu střepu ovlivňují:

- **Jemnější částice** \Rightarrow větší odpor proti odsávání vody a pomalejší tvorba střepu, ale stabilnější suspenze.
- **Ostření** \Rightarrow permeabilita střepu se zvýší a tvorba střepu je rychlejší (x snížení pevnosti střepu).
- **Snížení viskozity licí břechky** \Rightarrow urychlení tvorby střepu (z 20 °C na 60 °C \Rightarrow viskozita klesne na polovinu - **horké lití**).

4.3.2.3 Tlakové lití

- urychluje tvorbu střepe, střepe je pevnější, s nižším smrštěním.
- formy ze speciální sádry (pevnost v tlaku nad 40 MPa) nebo formy z kapilárně pórovitých plastů (až 40 tisíc lití a licí cyklus 6 – 8 minut).



Zatuhování střepe - od vylití břechky z formy až po vyjmutí odlitku z formy = doba zatuhování).

Praxe - doba, kdy dojde k odtržení střepe odlitku od formy (při tloušťce střepe 6 mm asi 15 až 25 min.).