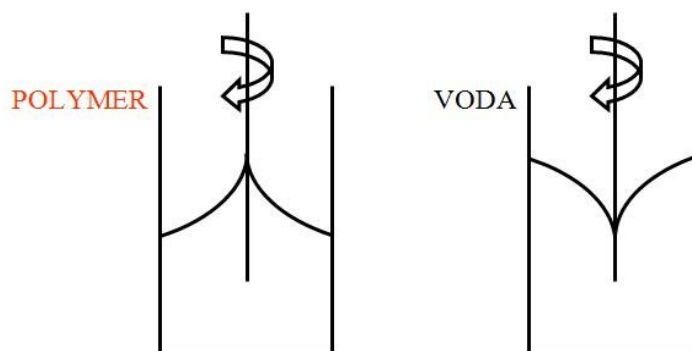


6 Projevy viskoelastického charakteru polymerních tavenin během toku

6.1 Weissenbergův efekt (Rod–Climbing)



Obr. 6.1: Weissenbergův efekt

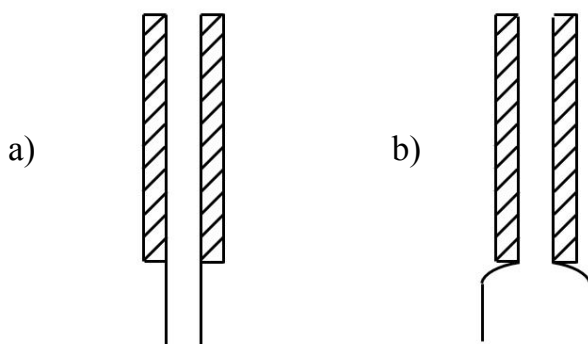
6.2 Narůstání za hubicí

Dalším projevem viskoelastivity polymerních tavenin je tzv. *narůstání za hubicí* vytlačovací hlavy či kapiláry. Narůstání za hubicí vyjadřuje poměr D/D_0 průměru profilu po opuštění vytlačovací hlavy a průměru profilu ve vytlačovací hlavě.

Průměr profilu se může běžně zvětšit dvojnásobně a více.

S tímto jevem je nutno počítat při návrhu profilu vytlačovacích hlav, který je komplikován skutečností, že každý polymer má rozdílnou tendenci k narůstání.

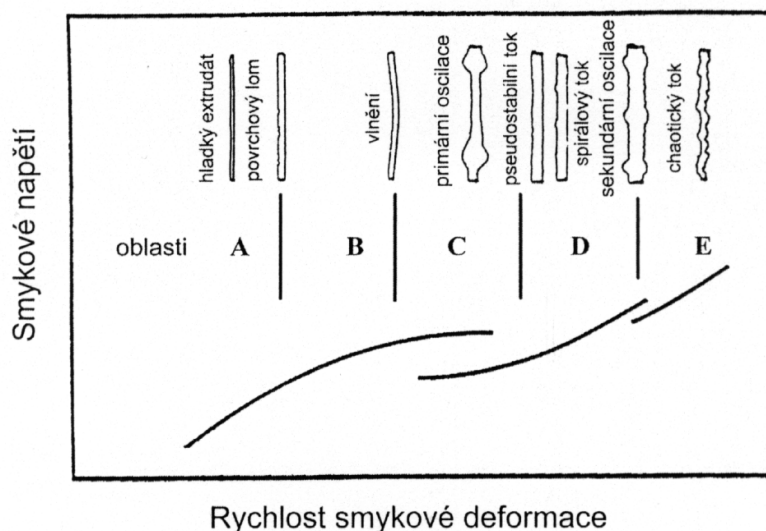
Během zpracování polymerních tavenin lze narůstání za hubicí ovlivňovat procesními parametry. D/D_0 lze obecně snížit zvýšením zpracovatelské teploty a prodloužením délky vytlačovací hubice či doby průchodu materiálu hubicí. Rychlost smykové deformace do určité hodnoty narůstání za hubicí zvyšuje, při vysokých rychlostech smykové deformace je naopak narůstání méně zřetelné.



Obr. 6.2.: Extrudovaný profil newtonské látky (a) a pseudoplastické polymerní taveniny (b)

6.3 Tokové nestability

Projevy nestabilního chování při toku polymerních tavenin nejčastěji dělíme do tří základních typů: povrchový lom, oscilační tok a elastická turbulence (Obr. 6.3)



Obr. 6.3: Výskyt tokových nestabilit v závislosti na rychlosti smykové deformace

Povrchový lom (*shark skin*):

Tato nestabilita se projevuje již při nízkých rychlostech smykové deformace, kdy se hladká a lesklá struna mění na matnou, postupně se na struně objevují obvodové rýhy až kontinuální šroubovice.

Povrchový lom byl po dlouhou dobu považován za elastickou turbulenci omezenou na povrchovou vrstvu. Proti této hypotéze svědčí ale skutečnost, že povrchový lom je zaznamenáván při výstupu z kapiláry, kdežto elastická turbulence je provázena poruchami laminarity již při vstupu do kapiláry.

V současnosti se za mechanismus nástupu a průběhu povrchového lomu považuje periodický skluz při výtoku z kapiláry, který umožní relaxaci tahových napětí.

Oscilační tok

Oscilační tok se projevuje tlakovými pulzacemi během toku některých polymerních tavenin (HDPE, LLDPE, PB, fluorovaný PE). Rychlosti smykové deformace, při které se tento typ nestabilního toku projeví, odpovídají takto dvě hodnoty tlakového spádu a tudíž dvě hodnoty smykového napětí - toková křivka je proto rozvětvená, jak znázorňuje Obr. 6.3.

Za příčinu tlakových pulzací se nejčastěji považovalo střídání ulpívání a skluzu taveniny na stěně tokového kanálu (tzv. *slip-stick*). Během toku je rychlost taveniny na stěně nulová a napětí maximální. Dosáhne-li smykové napětí povrchového, dojde k uvolnění povrchové vrstvy, která klouže ve směru toku. Tím se rychlost na stěně mění z nulové na nenulovou a napětí na stěně klesá. Pokles napětí na stěně má za následek opětovný pokles rychlosti na stěně a celý cyklus se může opakovat. Tato teorie ovšem nevysvětluje skutečnost, že

k oscilačnímu toku dochází HDPE, ale nikoliv u LDPE, i přesto, že povrchová napětí obou polyolefinů jsou srovnatelná.

V současné době se ustálil názor, že tento typ nestabilního toku vzniká v důsledku zaplétání a rozplétání polymerních řetězců na stěně kapiláry.

Faktory ovlivňující tlakové oscilace:

- teplota ovlivňuje tlakové oscilace pozitivně
- přídavek jiného polymeru může oscilace posunout do vyšších rychlostí smykové deformace či je zcela eliminovat
- frekvence pulzací je závislá na výšce taveniny v zásobníku
- perioda oscilací roste s rostoucí molekulovou hmotností, přičemž závislá je pouze dolní větev tokové křivky.

Elastická turbulence

Poruchy proudění vlivem elastické turbulence se projevují nejprve jako náhodné pulsace, které přechází se zvyšující se rychlostí smykové deformace v pravidelné vlnění až úplné rozrušení a rozpad struny.

Tento typ nestabilního toku probíhá za vysokých rychlostí smykové deformace a jeho výskyt je často spojován s poruchami laminarity proudění. Byla sestavena různá kritéria dávající do vztahu geometrické, tokové a napěťové poměry pro určení hranice.

Příčiny výskytu elastické turbulence jsou přičítány i vlivu disipace energie při toku. Je-li disipace značná, dochází k poruše laminárních tokových čar. Dále se považuje za důsledek vstupních efektů (zrychlení deformace v oblasti ústí do kapiláry) či fázovou změnu probíhající v kapiláře jako důsledek orientace molekul za vysokých smykových rychlostí.