

Nenewtonovské kapaliny

H. Valouchová, M. Růčka

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1.

helena.valouchova@gmail.com, michal.rucka@centrum.cz

Abstrakt

V následujícím příspěvku se dozvíte více o nenewtonovských kapalinách, s kterými se, přestože si to možná neuvědomujete, setkáváte v běžném životě poměrně často. Nastíníme v něm obecnou problematiku Nenewtonovských kapalin, rozdělíme je na několik typů a rovněž si uvedeme nějaké příklady. Můžete zde také najít fotografie z demonstrací zajímavých vlastností nenewtonovských kapalin, z nichž některé zcela popírají název „kapalina“.

1 Trocha nut(d)né teorie

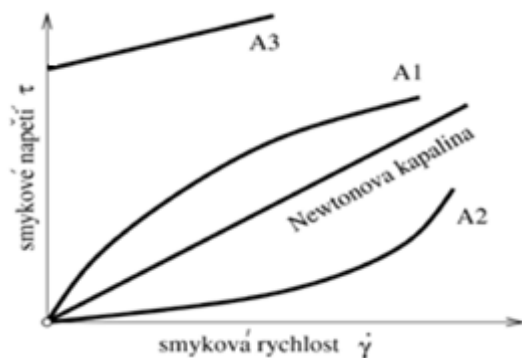
Nenewtonovské kapaliny, někdy také nelineárně viskozní, jsou takové, u kterých není rychlost deformace přímo úměrná napětí. Neplatí tedy pro ně Newtonův zákon viskozity a deformace je obecně funkcí času. Z důvodu nelineární závislosti viskozity není možno popsat ji pouze touto veličinou. Je potřeba přidat další, tzv. reologické, veličiny, kterými lze již kapalinu dokonale popsat. Tyto vlastnosti jsou způsobovány vzájemnou interakcí molekul dané kapaliny, která je značně odlišná od běžné interakce částic v newtonovských kapalinách, např. ve vodě. Ačkoli si to možná neuvědomujeme, s nenewtonovskými kapalinami se setkáváme velmi často, a to i v domácnostech. Patří mezi ně totiž různá tekutá mýdla, kečup, ale také různé směsi a látky používané ve stavebnictví a potravinářství, laky, asphalt, ropa a dokonce i sklo. Mezi vlastnosti, kterými se odlišují od běžných, newtonovských kapalin, patří například skutečnost, že při vyšším tlaku zvětšují odpor vůči mechanickému vniknutí, což například umožňuje běh po některých typech těchto kapalin. Dále tam patří Weissenbergův efekt, Barrův efekt, Kaye efekt a pohyb kapaliny v blízkosti zdroje zvuku.

2 Rozdělení nenewtonovských kapalin

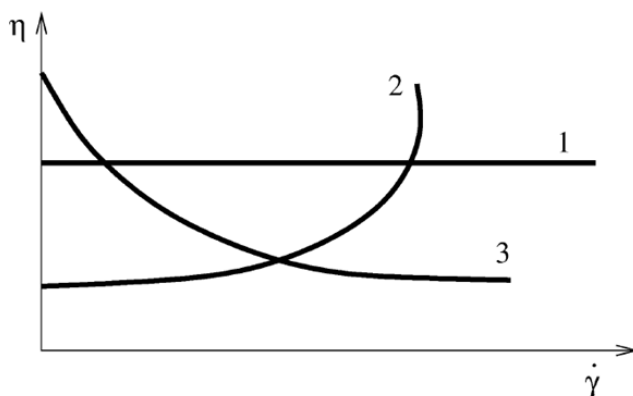
Nenewtonovské kapaliny můžeme z hlediska jejich závislosti viskozity na různých faktorech rozdělit do několika skupin. První skupinou jsou tzv. zobecněné newtonovské kapaliny. Patří mezi ně binghamské tekutiny, které si svou tekutost zachovávají pouze do určitého napětí (např. suspenze křídly či vápna). Dále pak pseudoplastické tekutiny, u nichž viskozita klesá s rychlostí deformace (např. kečup). Poslední podskupinou jsou dilatantní tekutiny, jejichž viskozita s rychlostí deformace naopak roste (škrobové suspenze).

Druhou skupinou jsou viskoelastické tekutiny. Jejich označení tekutin je poněkud sporné, neboť se spíše podobají plastickým pevným látkám. Sice jsou tekuté, ale zároveň si do určité míry „pamatují“ svůj předchozí tvar a po ukončení působení napětí projevují tendenci vrátit se do původního tvaru.

Třetí a poslední skupinou jsou kapaliny s časovou závislostí. Jak už název napovídá, vlastnosti tekutiny jsou závislé na době působení napětí. Patří zde tixotropní tekutiny, u nichž s dobou napětí viskozita klesá a patří zde například nátěrové hmoty či laky. U reopexních tekutin je tomu přesně naopak, tedy s dobou napětí viskozita roste.



Obr. 1 Křivky tečení kapalin – závislost napětí na smykové rychlosti (A1 – pseudoplastická kapalina, A2 – dilatantní kapalina, A3 – Binghamova kapalina)



Obr. 2 Graf závislosti viskozity na smykové rychlosti (1 – Newtonova kapalina, 2 – dilatantní kapalina, 3 – pseudoplastická kapalina)

3 Barrův efekt

Tento efekt patří mezi nejčastější projevy neneutronovských kapalin. Ale protože se s ním setkáváme zcela běžně, nevěnujeme mu již přílišnou pozornost. Barrovým efektem nazýváme jev, kdy u neneutronovské kapaliny dochází k rozšíření proudu při výstupu z trubice, tedy k jakési kumulaci hmoty. Tento jev se běžně vyskytuje u saponátů a tekutých mýdel.



Obr. 4 Výtok newtonovské kapaliny



Obr. 5 Výtok neneutronovské kapaliny – Barrův efekt

4 Kaye efekt

Tento efekt je také poměrně rozšířený, přestože mnoho lidí neví, že je projevem jiného typu kapaliny. Dochází k němu při nalévání tenkého proudu neneutronovské kapaliny, kdy se kapalina odráží sama od sebe proti směru působení gravitační síly. Tento efekt lze pozorovat například při dávkování tekutého mýdla.



Obr. 6 Kaye efekt

5 Weissenbergův efekt

Tento efekt, přestože není příliš známý, patří mezi nejpopulárnější na fyzikálních předváděčkách. Do nádoby s neneutronovskou kapalinou je kolmo ponořena tyč. Poté začneme s tyčí pomalu rotovat. Jelikož je působení mezi molekulami neneutronovské kapaliny silnější, než je tomu například u vody, dochází k jejímu pomalému vytlačování a navíjení na tyč. V určité výšce, závislé na typu kapaliny, dojde k zastavení a kapalina již dále nestoupá, zůstává ale na tyči. Teprve po ukončení rotace se kapalina vrátí do nádoby, kde dělá jakoby nic.



Obr. 7 Weissenbergův efekt

6 „Tančení“ kapaliny v blízkosti zdroje zvuku

Tento efekt je rovněž populární na fyzikálních předváděčkách, objevil se mimo jiné také v seriálu Big Bang Theory. Z důvodu silnější interakce molekul dochází k přesunu vzruchů z vnitřku kapaliny až na její povrch, čímž vzniká nepravidelné vlnění a iluze „tance“.



Obr. 8 Tanec kapaliny na reproduktoru

Reference

- [1] kol. autorů, Nenevtonovské kapaliny, <http://www.kme.zcu.cz/granty/biofrvs/pdf/4-01FRVS-03.pdf>
- [2] Klára Ambrožová, Alena Jurásková, Eva Sedláčková, Blanka Trulíková, Nenevtonovská kapalina, http://kdf.mff.cuni.cz/tabor/2010/odborny/nenevtonovska_kapalina.pdf
- [3] kol. autorů, Nenevtonovská tekutina, http://cs.wikipedia.org/wiki/Nenevtonsk%C3%A1_tekutina
- [4] kol. autorů, Weissebergův efekt, <http://fyzmatik.pise.cz/28948-weissenberguv-efekt.html>