

UŽITNÁ HODNOTA EXTRUDOVANÝCH VLÁKNOCEMENTOVÝCH VÝROBKŮ – VLASTNOSTI A APLIKACE

Utilization of extruded fibercement products – properties and field of applications

**Petr Tihlařík¹, Josef Knězek, Radek Holešinský, Jiří Böhm, Pavel
Trčka, Jitka Hledíková**

This paper deals with optimization of fibercement extrusion process. With utilization of this process it is necessary to obtain shape-stable thin-walled samples. Two methods of measuring of rheological properties of green fibercement mass were applied – Pfefferkorn apparatus and pencil penetrometer. Correlations of these methods are involved in flow behaviour optimization. For comparison to fibercement green mass the rheological properties of clay base green mass were measured by use of the same methods. Different behaviour of this material base was noticed.

Úvod

Podmínkou vytváření z plastického těsta je plastičnost neboli tvárnost těsta. Je to vlastnost pevné látky (na rozdíl od kapaliny) měnit tvar působením vnějších sil, aniž by se porušila její celistvost (vznikly trhlinky). Plastická deformace keramického těsta je součet relativních posunů částic disperzní fáze. Ke změně tvaru dochází, když působící síly překračují mez toku plastického těsta. Vyloučení vzniku trhlinek je podmíněno dostatečnou pevností v tahu těsta. Tvárnost T (plastičnost) lze popsat jako poměr pevnosti v tahu těsta σ_T k tečnému napětí τ nebo jako poměr pevnosti v tahu σ_T k viskozitě η těsta. [1]

Obecně lze psát:

¹TIHLAŘÍK Petr, Ing., tihlarik@vustah.cz, Výzkumný ústav stavebních hmot, a.s.

$$T \approx \sigma_T/\tau \approx \sigma_T/\eta \quad [1]$$

Elastickou deformaci lze popsat vztahem:

$$\tau = \eta \times D$$

kde D je gradient rychlosti, který charakterizuje tvarové změny v proudící tekutině [2]

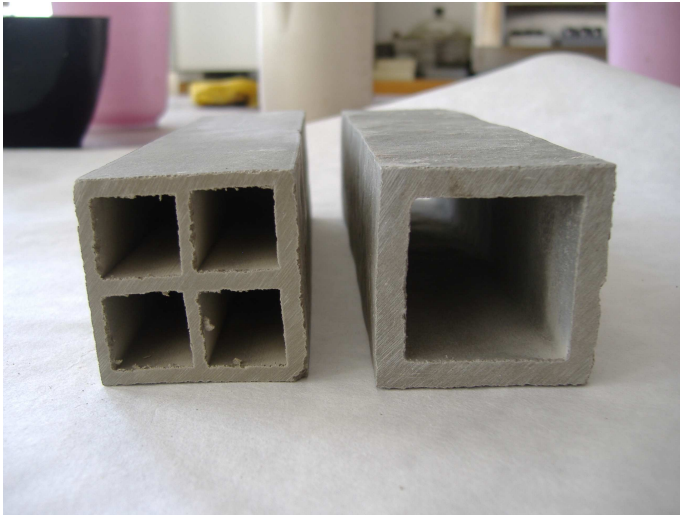
Tixotropie past na bázi portlandského cementu je poměrně dobře známým jevem. Čím déle působí na tixotropní látku tečné napětí, tím více se snižuje její viskozita [3]. Napětí vložené tvářecím procesem do čerstvé hmoty způsobuje pokles viskozity a tím snížení tvarové stability. Extrudované vzorky pak mohou vykazovat sklon k samovolné deformaci, nebo přinejmenším ke snížení manipulovatelnosti. To je vzhledem k požadavkům na duté a vysoce tvarované profily výrobků kritickým problémem. [4]

Metodika práce

Příprava těsta byla provedena na dvouhřídelovém hnětači různými postupy míchání a se skladbou směsi podle požadavku na maximální tvarovou stabilitu čerstvě extrudovaných vzorků a optimální fyzikálně-mechanické vlastnosti po zatvrdnutí. Na čerstvé hmotě před extruzí bylo provedeno měření Pfefferkornovým přístrojem (ČSN 72 1074) a tužkovým penetrometrem a následně byla výrobní směs extrudována laboratorním extruderem se speciálním ústím na vzorky. Ústí extruderu má průřez 40 x 40 mm a je konstruováno na tloušťku stěn vzorků 5 mm pro jednokomorový a 3 mm pro čtyřkomorový profil. Na vzorcích bylo po 28 dnech zrání provedeno měření prohnutí profilu v příčném směru podle ČSN 72 2602.



Obr. 1: Dvouhřídlový hnětač



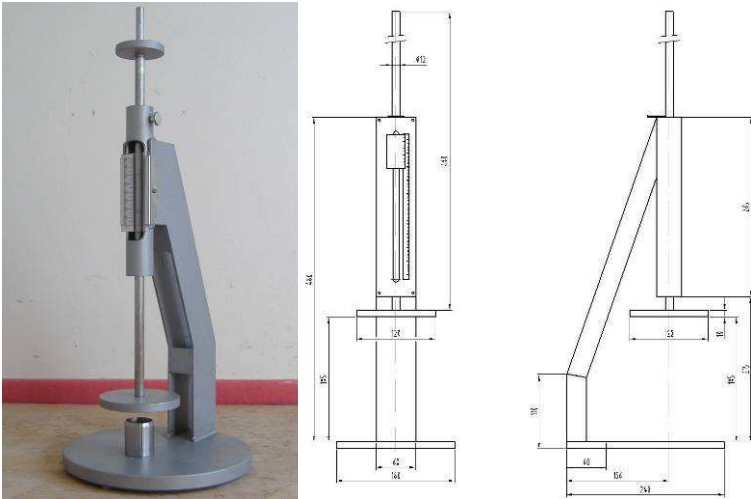
Obr. 2: Vzorek čtyřkomorového a jednkomorového profilu

Pfefferkornův přístroj

Metoda je založena na deformaci válečku padajícím závažím o definované hmotnosti z definované výšky. Metodika zkoušení je převzata z ČSN 72 1074 Stanovení optimální a pracovní vlhkosti keramických těst Pfefferkornovým přístrojem.

Pomocí deformačních poměrů zkušebního tělíska před a po zkoušce byly pro praxi stavební keramiky vypracovány empirické rovnice pro výpočet meze toku τ_0 těsta. Tečné napětí a viskozita těsta vyplývá z používané rovnice toku [1]

$$\tau_0 = (m \cdot g \cdot (H_0 - h_1)) / (2 \cdot V \cdot \ln(h_0/h_1)) \quad (\text{kPa}) \quad [1]$$



Obr. 3: Pfefferkornův přístroj

Tužkový penetrometr

Tato metoda je založena na měření napětí při penetraci zkušebního hrotu přístroje při vlačování do zkoušeného materiálu. Hrot přístroje je zavěšen na definované pružině a hodnota napětí je odečítána přímo na přístroji jako maximální napětí nutné ke vtažení hrotu do definované hloubky. Hrot je opatřen ryskou.



Obr. 4: Tužkový penetrometr

Pro srovnání chování hmot na vláknocementové bázi byla provedena sada měření na keramickém těště a výsledky byly porovnány.

Použité suroviny

Pojiva:

- CEM I 52,5N Mokrá
- HC 70
- Gorkal 40

Aditiva a funkční přísady:

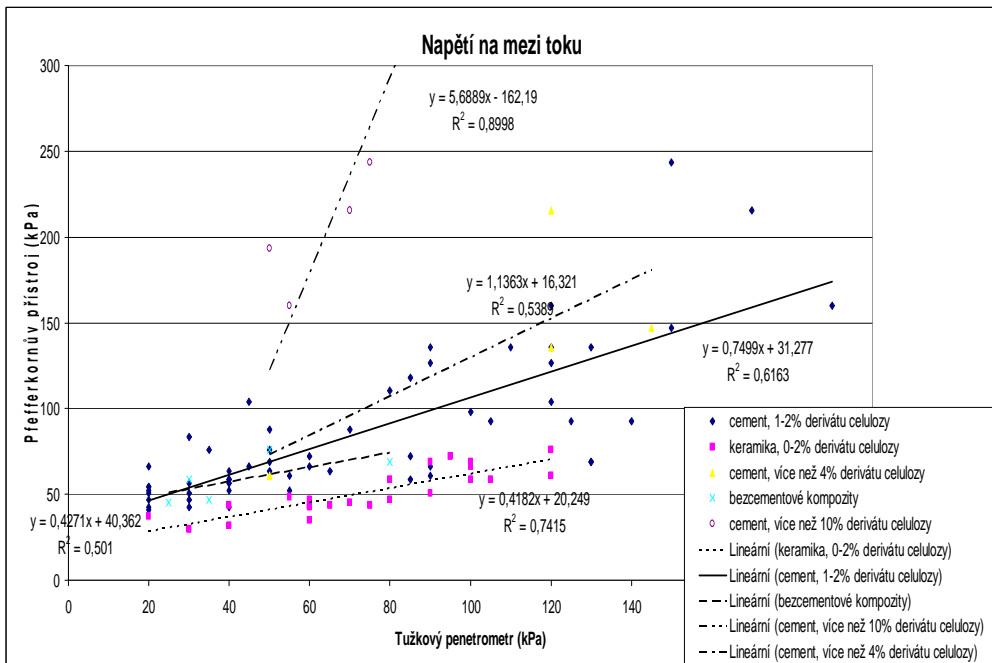
- Suncell F65000
- Walocel M-20678
- TerCell BCF 6M
- Peramin Conpac 149S
- Vinnapas 5010N
- Mefisto L05
- Bentonit L

Vláknová výztuž a funkční plniva:

- Kreca KCF-100
- Arbocel BC200
- Cem-FIL 70/30 – 12m
- Kuralon A-8-1,8Dx6mm
- Kuralon RECS 100Lx12
- Čedičové odpadní vlákno
- Casiflux F125
- Lupek A111 VHR 0-1 mm

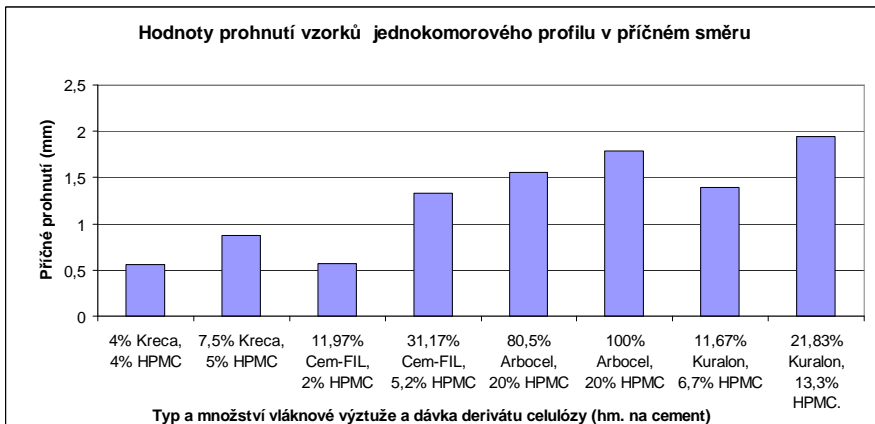
Složení konkrétních receptur vyplynulo z požadavku na maximální tvarovou stabilitu čerstvě vytlačených vzorků a z požadavku na optimální užité vlastnosti výrobků.

Naměřené hodnoty a diskuse výsledků



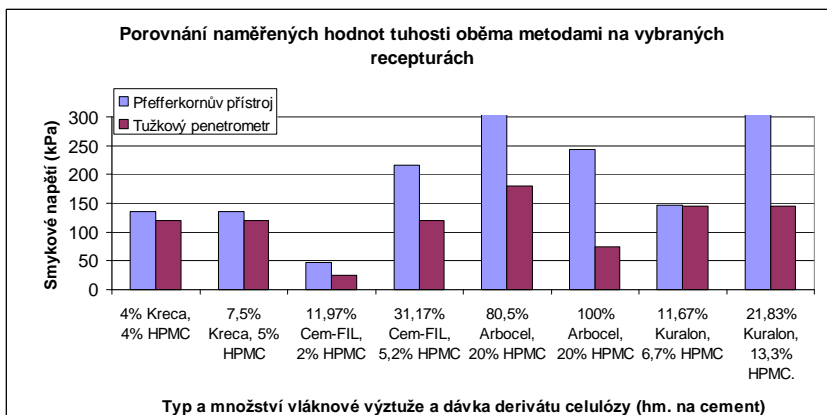
Obr. 5: Závislost smykových napětí získaných měřením tužkovým penetrometrem a Pfefferkornovým přístrojem.

Z naměřených výsledků vyplývá (podle Obr. 5), že se zvyšujícím se množstvím derivátu celulózy jako základního aditiva se zásadním způsobem mění reologie čerstvé hmoty (poměr mezi naměřenou hodnotou tuhosti pomocí Pfefferkornova přístroje a tužkového penetrometru).



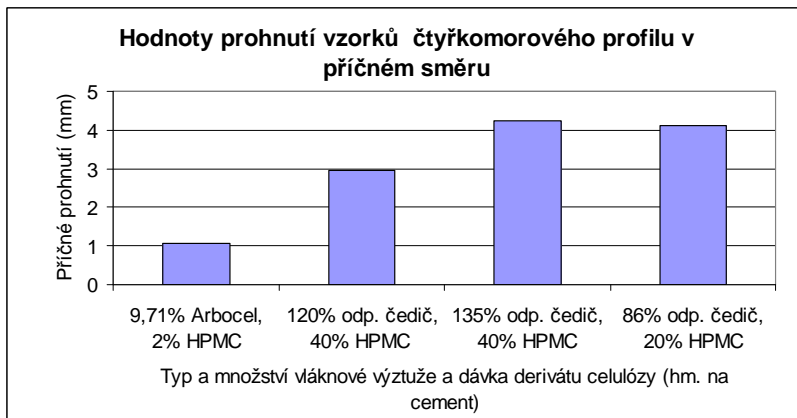
Obr. 6: Hodnoty prohnutí vzorků jednodukomorového profilu v příčném směru u vybraných receptur

Obr. 6 ukazuje hodnoty prohnutí v příčném směru s ohledem na použitý typ a množství vláknové výztuže a množství derivátu celulózy (jednodukomorový profil). S ohledem na tvarovou stabilitu extrudovaných vzorků na bázi vláknocementu bylo nejlepších výsledků dosaženo při nižších dávkách derivátu celulózy se skelným vláknem a s uhlíkovým vláknem, další receptury s vyššími dávkami derivátu celulózy a typy vláken (celulózové a PVA) vykazovaly u daných parametrů vzorků a dávkování vyšší prohnutí v příčném směru.

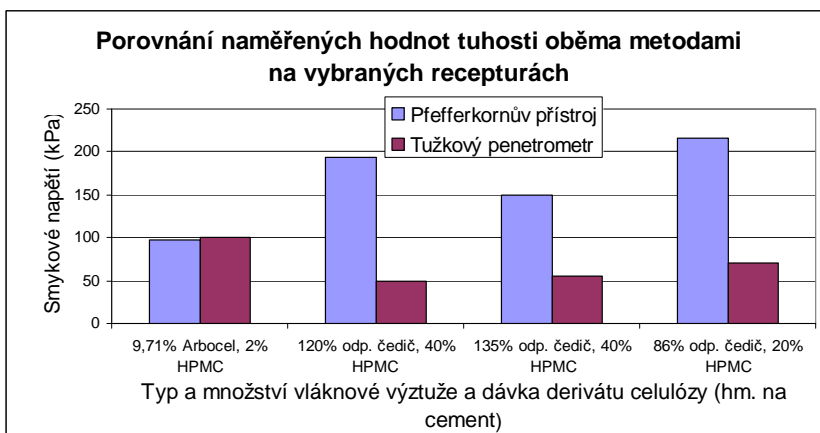


Obr. 7: Porovnání naměřených hodnot tuhosti oběma metodami na vybraných recepturách- jednodukomorový profil

Vliv použité vláknové výztuže a dávky derivátu celulózy na chování čerstvé směsi (jednokomorový profil) ukazují Obr. 7. U receptur s vyššími dávkami derivátu celulózy se zvyšuje rozdíl naměřených tuhostí čerstvé směsi.



Obr. 8: Hodnoty prohnutí vzorků čtyřkomorového profilu v příčném směru u vybraných receptur



Obr. 9: Porovnání naměřených hodnot tuhosti oběma metodami na vybraných recepturách- čtyřkomorový profil

Obr. 8 a 9 ukazují výsledky stejných měření jako obr. 6 a 7, ale z jiných receptur a na čtyřkomorovém profilu. U receptur, které vykázaly nižší hodnoty tuhosti tužkovým penetrometrem (nezávisle na vysokých hodnotách tuhosti Pfefferkornovým přístrojem), bylo dosaženo nižší tvarové stability vzorků. Při měření tuhosti Pfefferkornovým přístrojem by tedy při vysokých dávkách vláknové výtzuže mohlo docházet ke zkreslení výsledků způsobeným rozdílným charakterem měření oběma metodami (řádově rozdílná hodnota rychlostního gradientu vyplývající z principu měření).

Závěr

Na základě porovnání dosavadních výsledků z měření tuhosti pomocí dvou metod byla sledována tendence vlivu surovinové skladby na rozdílné reologické chování čerstvého těsta. Výsledky měření tuhosti těsta pomocí Pfefferkornova přístroje a tužkového penetrometru vykazují při shodné materiálové skladbě rozdílné hodnoty. Důvody lze hledat v odlišném principu měření, především pak v hodnotách gradientu rychlosti působení na zkoušený materiál. U tužkového penetrometru dochází k vtlačování hrotu dlouhého 6 mm po dobu 3 sekund zatímco u Pfefferkornova přístroje dochází k deformaci volným pádem.

Pro objasnění reologie výrobních směsí pro extruzi je nezbytné analyzovat případné tixotropní chování těchto hmot měřením hodnot tuhosti hmoty před a po extruzi a stanovit tak míru tixotropie ve vazbě na tuhost hmoty, tvarovou stabilitu vzorků a složení hmoty a dále ověřit výše nastíněné závěry.

Tento příspěvek byl vypracován v rámci řešení projektu CIVAK (MŠMT 1M06005).

Literatura

- [1] PYTLÍK, P., SOKOLÁŘ, R. *Stavební keramika*. CERM Brno, 2002
- [2] PIRKL, S. *Základy reologie a reometrie kapalin* [online].
kf.upce.cz/Reologie%20a%20reometrie%20kapalin.doc
- [3] PYTLÍK, P. *Technologie betonu*, Vysoké učení technické, Brno 2000, ISBN 80-214-1647-5

- [4] SHAO, Y., MARIKUJTE S., SHAH S.P.; Extruded Fiber-Reinforced Composites, *Concrete International*, vol. 17, No. 4, April 1995, pp. 48-52.
- [5] ČSN 72 1074 Stanovení optimální a pracovní vlhkosti keramických těst Pfefferkornovým přístrojem
- [6] ČSN 72 2602 Skúšanie tehliarskych výrobkov. Zisťovanie vzhľadu a rozmerov.
- [7] GUERRINI, G.L. Rheological characterisation of cement-based compositions for the extrusion technology. *Cement Combinations for Durable Concrete*. Dundee, 2005
- [8] KUDER, K.G., SHAH, S.P. Processing of high-performance fiber-reinforced cement-based composites. *IIBCC 2006*, Sao Paulo, 2006
- [9] HÄNDLE, F. *Extrusion in Ceramics*. Springer Berlin Heidelberg New York, 2007. ISBN 978-3-540-27100-0
- [10] STANG, H., LI V.C. Extrusion of ECC-material. High Performance Fiber, *Reinforced Cement Composites 3*, Mainz, 1999.