

EXTRUZE VLÁKNOCEMENTU – VÝVOJ MODERNÍ TECHNOLOGIE PREFABRIKACE VE VÝZKUMNÉM ÚSTAVU STAVEBNÍCH HMOT, A.S.

***Jindra Drottnerová¹, Michal Frank, Jaroslava Jančová, Petr Tihlařík,
Lubomír Lejsek***

Extruze (vytlačování) je formovací proces, sloužící k výrobě široké škály výrobků, a to od drobných distančních tělísek, přes trubky, až po duté prvky jako jsou stěnové a stropní dílce. Touto technologií je možno dosahovat vysokých parametrů při „subtilní“ a současně i tvarově náročné a speciální konstrukci. Při extruzi vláknocementu hrají klíčovou roli speciální plastifikační přísady, protože dochází ke vzniku extrémních třecích sil, kdy směs dosahuje hodnot koeficientu vnitřního i vnějšího tření 0,7-0,8 (plastická cihlářská surovina má hodnotu koeficientu vnitřního i vnějšího tření asi 0,2-0,3).

Úvod

Extruzí vláknocementových výrobků se rozumí jejich tvarování za vysokých smykových a tlakových sil. To vede ke zhutnění materiálu a k orientaci vláken ve směru vytlačování za účelem zlepšení fyzikálně mechanických a chemických vlastností [1].

¹ DROTTNEROVÁ Jindra, Ing., drottnerova@vustah.cz, tel. 543 529 356, FRANK Michal, Ing., frank@vustah.cz, tel. 543 529 217, JANČOVÁ Jaroslava, Ing., jancova@vustah.cz, tel. 543 529 319, TIHLAŘÍK Petr, Ing., tihlarik@vustah.cz, tel. 543 529 217, LEJSEK Lubomír, Ing., vustah@vustah.cz, tel. 543 529 248

Extruze probíhá v extrudéru, což je v podstatě šnekový protlačovací lis vakuový. Existuje rovněž extruze v pístovém zařízení. Jedná se tedy o vytlačující formující proces, který slouží na menších zařízeních pro výrobu distančních prvků, výrobu tenkých deskových produktů, speciálních trubek a jiných dutých těles specifických vlastností. Výkonná extruzní zařízení zvládnou dokonce i velké tvarovky pro stavbu budov. Svými parametry může nahradit keramické, železobetonové i kovové výrobky. Tyto výrobky se v současné době do České republiky pouze dováží.

Podmínky a předpoklady technologie extruze

Pro úspěšnou extruzi musí být výrobní cementovláknitá směs dostatečně plastická, aby pod tlakem „tekla“ do ústí lisu a dostatečně tuhá, aby odolala deformaci po vylisování na válečkové dráze. Vhodně zvolená reologie zabraňuje defektům jako je trhání okrajů, vznik pórů, shlukování vláken, atd. [3].

V cementové matici mohou být použity různé typy vláken, např. polyvinylalkoholová (PVA), polypropylenová (PP), skleněná, uhlíková vlákna a další. Vliv vláken závisí na mnoha faktorech, jako je vazba mezi modulem pružnosti vlákna a matrice, pevnost vazby vlákno-matrice, relativní velikost vláken a rozptýlení vláken v matici. Hlavní funkcí vláken je zamezit vývoji mikrotrhlinek v materiálu, a tím vyloučit snižování pevností vlivem porušení hmoty. Různé typy vláken mohou být kombinovány jako hybridní výztuž [2,3].

Pro zvýšení viskozity čerstvého materiálu a zabránění oddělení pevné a kapalné fáze při vysokém tlaku nutném pro extruzi se dávkuje do směsi speciální plastifikační přísada, protože dochází ke vzniku extrémních třecích sil, kdy směs dosahuje hodnot koeficientu vnitřního i vnějšího tření 0,7-0,8 (plastická cihlářská surovina má hodnotu koeficientu vnitřního i vnějšího tření asi 0,2-0,3). Jedná se o deriváty celulózy, a to hydroxyetylcelulóza nebo metylhydroxyetylcelulóza. Při nízkém w/c se přidává superplastifikátor pro zlepšení zpracovatelnosti.

Přídavek mikrosiliky působí jako pucolánová příměs. Její malé částice také působí jako plnivo a zhušťují matici [5]. Popílek se používá jako náhrada cementu. Jeho přídavek je výhodný nejen po stránce ekologické jako úspora nákladů na výrobu cementu, ale rovněž po stránce technologické, protože kulatý tvar jeho částic zlepšuje reologii směsi. Popílek zlepšuje trvanlivost kompozitů vyztužených skleněnými vlákny

snížením alkality směsi a zlepšuje také mechanické vlastnosti extrudovaných kompozitů [2].

Významný vliv na distribuci a orientaci vláken má velikost zrn kameniva. Pro extruzi je vhodné pouze jemné kamenivo, protože se může při lisování mezi vlákny volně pohybovat a působí proti shlukování vláken. [1]. V tradičním vláknocementu všechna zrna kameniva větší než průměrná vzdálenost mezi vlákny budou způsobovat koncentrování vláken do shluků a růst nepravidelné distribuce vláken. Tento efekt shlukování vláken poroste úměrně k velikosti zrn a má negativní vliv na vlastnosti betonu. Hrubší kamenivo nepřispívá k dosažení dobré reologie směsi.

Technologie výroby extruzním způsobem

Při homogenizaci a míchání je třeba dbát na nebezpečí poškození vláken. K tomu musí být přizpůsobena technologie přípravy výrobní směsi. V závislosti na skladbě je třeba sledovat teplotu výrobní směsi v hnětači i v lisu.

Velmi významným faktorem ovlivňujícím úspěšnost extruze je lisování. Pro extruzi je konstrukce lisu speciálně upravena tak, aby proces vytváření umožnil kompaktaci výrobní směsi. Ke kompaktaci přispívá vakuování výrobní směsi. Velmi významným faktorem ovlivňujícím úspěšnost extruze je tvar ústí. Při tažení výrobní směsi ústím je dosaženo konečného zhutnění cementové směsi a vytvoření požadovaného průřezu. Tvar předústí a ústí musí být navrženo pro konzistenci směsi vláknocementové směsi.

Závěrem krátkého zhodnocení extruze je třeba zdůraznit, že volba receptury směsi pro extruzi je komplikovaná v tom, že má protichůdné požadavky na vlastnosti hmoty. Na jedné straně je požadována snadná extrudovatelnost bez defektů a na druhé straně tvarová stálost po extruzi.

Z hlediska skladby výrobní směsi je třeba zvolit optimální výrobní směs se zaměřením na dosažení orientace vláken, optimální nastavení konzistence směsi a její striktní dodržování. Při extruzi vláknocementu hrají klíčovou roli speciální plastifikační přísady, protože dochází ke vzniku extrémních třecích sil.

Z hlediska technologie výroby je třeba optimálně sladit homogenizaci a míchání tak, aby nedošlo k poškození vláken. Konstrukce lisovacího

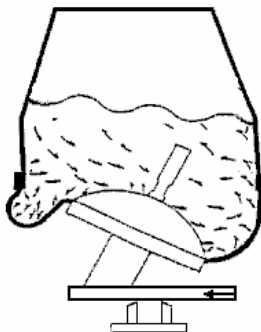
zařízení musí umožnit plynulý průchod výrobní hmoty extrudérem při dosažení formovacího efektu (vysoká objemová hmotnost výrobků, bez defektů, zachování tvarové stálosti).

Laboratorní zařízení pro extruzi

- homogenizace → míchačka Omni-mixer
- hnětení → dvouhřídelový hnětač
- lisování → modifikovaný cihlářský šnekového lis firmy Händle
- odběr → válečková dráha pro posun hotových výrobků

Homogenizace

Problémy s mícháním směsi řeší použití unikátního míchacího zařízení Omni-mixer, japonské firmy Chiyoda Technical and Industrial Company, LTD., Tokyo (obr.1 a 2). Toto zařízení míchá výrobní směs bez rotujících částí. Vlastní míchačku tvoří ocelovo-pryžový buben, jehož půlkulaté kruhové dno s trnem vyvozuje svým kývavým excentrickým pohybem hnětení a homogenizaci obsahu míchačky ve směru shora dolů a zdola nahoru. Při této dokonalé homogenizaci navíc nedochází k destrukci míchaných složek, především vláken, ani při prodloužené době míchání.



Obr. 1: Schema funkce míchacího zařízení Omni-mixer



Obr. 2: Míchací zařízení Omni-mixer

Míchání

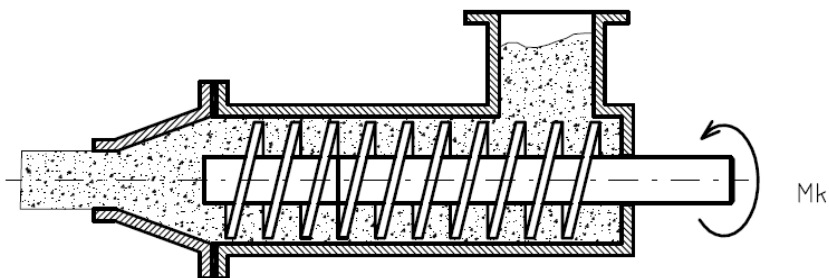
Míchání výrobní směsi probíhá ve dvouhřídelovém hnětači. Nevýhodou je nalepování jednotlivých komponent výrobní směsi do rohů a na stěnu hnětače. Konstrukce hnětače, určeného pro cihlářskou surovinu, nesplňuje v současné době požadavek dokonalého promísení a hnětení výrobní směsi, určené pro extruzi.



Obr. 3 Dvouhřídelový hnětač

Lisování - extruze

Samotná extruze probíhá na modifikovaném (zjednodušeném) cihlářském šnekovém lisu firmy Händle (obr.4 a 5), který vyhovuje potřebám odzkoušení vhodné výrobní směsi a především její konzistence.



Obr.4: Základní schéma modifikovaného lisu pro potřeby extruze



Obr.5: Modifikovaný cihlářský lis firmy Händle pro potřeby extruze

Skladba výrobní směsi

Hlavními složkami směsi pro výrobu extruzí jsou cementové pojivo a plnivo (ostřivo). Nejčastěji se jako pojivo používá portlandský cement, který může být modifikován přísadkou strusky. Jako plnivo funguje jemně mletý písek a další příměsi - popílky, křemičité úlety, metakaolin a další. Nejobecnější recepturu směsi pro extruzi je možno sestavit následovně:

50 – 60 %	pojivo	CEM I, CEM II
40 – 50 %	minerálního plniva či ostřiva	mikrosilika, písek, popílek, metakaolin a další
0 – 5 %	výztuž	vlákno skleněné, PVA, PP...
0 – 1,5 %	derivát celulózy	metylhydroxyetylcelulóza

Jako základní ústí byl zvolen čtvercový profil o rozměrech 40x40 mm. Tento rozměr byl použit z důvodů potřeby výroby zkušebních trámečků, na kterých byly provedeny fyzikálně-mechanické zkoušky.

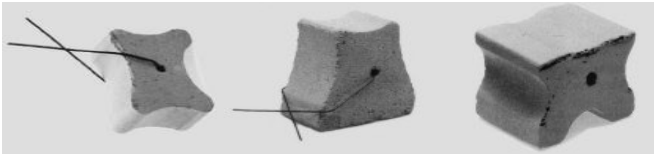
Stanovení základních fyzikálně-mechanických vlastností

Pevnost v tahu za ohybu	Pevnost v tlaku	Objemová hmotnost	Nasákavost
MPa	MPa	kg.m⁻³	%
cca 18	cca 40	cca 2000	cca 9

Předložené výsledky byly dosaženy prozatím na základních recepturách, na kterých jsme experimentálně sledovali vazby mezi skladbou výrobní hmoty a technologií. V současné době se vyhodnocují výsledky extruzních zkušek na extrudéru firmy Dow Wolff Cellulosics

v Německu, který je dodavatelem metylhydroxyetylcelulózy - Walocel. Předpokládáme dosažení vyšších kvalitativních parametrů.

Příklady využití extruzní technologie



Obr.6: Distanční tělíska



Obr.7: Extrudované tvarovky

Tato přednáška vznikla v rámci projektu CIVAK, podporovaného MŠMT.

Literatura

1. de Koker, van Zijl: Extrusion of engineered cement-based composite material. 6th RILEM Symposium on Fiber-Reinforced Concretes (FRC) - BEFIB 2004, Varenna, Itálie, s. 1301-1310
2. Cyr, Peled, Shah: Improving performance of glass-fiber-reinforced extruded composites. GRC Congress 2001, s. 163-172
3. Shah, Peled, Cyr: Extruded fiber-reinforced cement composites containing fly ash. Final technical report, 2000, <http://www.icci.org/00final/shah.htm>
4. Yamada, Saijo, Furumura, Tanaka: Application of Extrusion Molded DFRCC to Permanent Form. International Workshop on High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites in Structural Applications, Honolulu, Hawaii, Usa, 2005
5. Stang, Li: Extrusion of ECC materials. Proc. Of High Performance Fiber Reinforced Cement Composites 3 (HPFRCC 3), Ed. Reinhardt and A. Naaman, Chapman & Hull, 1999, s. 203-212
6. Peled, Cyr, Shah: Hybrid fibers in high performance extruded cement composites. International RILEM Symposium, BEFIB 2000, Lyon, Francie, s. 139-148
7. SURECRETE INC. -- *How It Works* [online], c1998, poslední revize 14. 1. 1999, [cit. 2007-08-07]. Dostupné z <<http://www.surecrete.com/work.htm>>.