

Experimentální **A**nalýza **N**apětí **2004**

THE EFFECT OF COMPOSITION ON THERMAL PROPERTIES OF FIBER REINFORCED CEMENT COMPOSITES

VLIV SLOŽENÍ NA TEPELNÉ VLASTNOSTI VLÁKNOVÝCH CEMENTOVÝCH KOMPOZITŮ

Jitka Poděbradská¹, Jan Toman² Robert Černý³

A representative set of fiber-reinforced cementitious composite samples was formed to systematically study the effect of composition on collective thermophysical properties. In addition to reference cement mortar samples, five types of glass-fiber reinforced composites and two types of carbon fiber reinforced composites were considered. In order to separate effects of chemical decomposition from those induced by heat transport processes, several samples for each particular type of studied materials were subjected to thermal pre-treatment. All the selected thermophysical parameters were measured for temperatures up to 1 000 °C.

Keywords fiber reinforced cement, physical parameters, high temperatures

Klíčová slova cementové vláknové kompozity, fyzikální parametry, vysoké teploty

Úvod

Měření tepelných vlastností vláknových cementových kompozitů obvykle vyžaduje použití speciálních měřících metod a zařízení. V této práci jsou prezentovány výsledky měření měrné tepelné kapacity, součinitele tepelné vodivosti a součinitele teplotní délkové roztažnosti. Tyto termofyzikální parametry byly sledovány v závislosti na teplotě až do 1000 °C. Pro měření byly použity speciální metody popsané v [1].

Testované materiály

V této stati jsou porovnány výsledky uvedených parametrů pro různé typy kompozitních materiálů vzhledem k jejich složení. Jedná se kompozitní materiály na bázi cementové kaše, vyztužené skelnými nebo uhlíkovými vlákny s přísadami, které ovlivní jejich teplotní odolnost a

¹ Ing. Jitka Poděbradská: ČVUT, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky; Thákurova 7, 166 29 Praha 6, ČR, tel.: +420224354483, e-mail: podebrad@fsv.cvut.cz

² Prof. Mgr. Jan Toman, DrSc.: ČVUT, Fakulta stavební, Katedra fyziky; Thákurova 7, 166 29 Praha 6, ČR, tel.: +420224354694, e-mail: toman@fsv.cvut.cz

³ Prof. Ing. Robert Černý, DrSc.: ČVUT, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky; Thákurova 7, 166 29 Praha 6, ČR, tel.: +420224354429, e-mail: cernyr@fsv.cvut.cz

zmenší tepelnou vodivost. Jako referenční materiál byla proměřena také standardní cementová malta.

Cementová malta

Cementová malta MC byla vyrobena a dodána Kloknerovým ústavem ČVUT v Praze. Pro danou šarži byl použit Portlandský cement ENV 197-1 CEM I 42,5 R (Králov Dvůr CZ) v betonové směsi 22,22 % – tj. 450 g, přírodní křemičitý písek se spojitou zrnitostí I, II, III, (skladba frakcí jednotlivých velikostí: 1,6 mm 2 %, 1,0 mm 35 %, 0,5 mm 66 %, 0,16 mm 85 % a 0,08 mm 99,3 %) ve směsi 66,67 % – tj. 1 350 g a voda – 11,11 % - tj. 225 g.

Cementové kompozity vyztužené skleněnými vlákny

Cementové kompozity vyztužené skleněnými vlákny byly vyrobeny a dodány Výzkumným ústavem stavebních hmot a.s. (dále jen VÚSH), Brno. Jednotlivé složky šarží s označením SC-I až SC-III, počítané mezi bezvodými substancemi, a vodní součinitel jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Složení cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny v hm. %

	CEM I 52,5	slévarenský písek	plastifikátor	alkalivzdorné vlákno	wollastonit	vermikulit	křemičité úlety	v/c
SC-I	47,99	47,99	0,62	3,40	-	-	-	0,36
SC-II	47,60	-	0,45	3,84	38,50	9,61	-	1,46
SC-III	56,88	-	0,92	7,66	8,68	21,51	4,35	1,40

V matrici SC-I byla použita alkalivzdorná skleněná vlákna od firmy Nippon Electric Glass CoLtd dodaná ve formě pramenců a sekaná na délku 35 mm. U ostatních šarží SC-II a SC-III byla použita alkalivzdorná skleněná vlákna CEM-FIL 70/30 dodaná v délkách nasekaných na 6 mm.

Cementové kompozity vyztužené uhlíkovými vlákny

Cementové kompozity vyztužené uhlíkovými vlákny byly také vyrobeny ve VÚSH, Brno. Jednotlivé složky šarží s označením UC-I a UC-II počítané mezi bezvodými substancemi jsou uvedeny v tab. 2. Vodní součinitel je násobkem hmotnosti cementu.

Tab. 2 Složení cementových kompozitů vyztužených uhlíkovými vlákny v hm. %

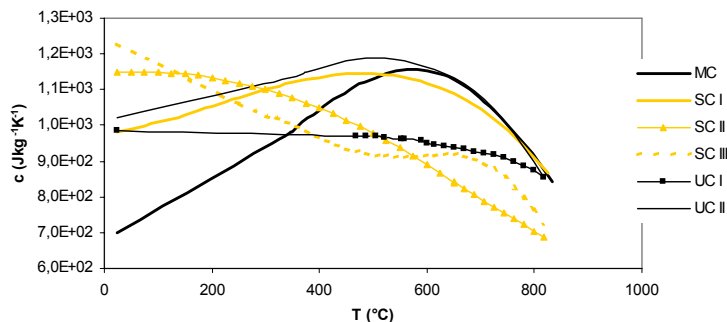
	CEM I 52,5	hlinitanový cement Alcoa CA-14M	jemně mletý křemen	uhlíkové vlákno na bázi smoly	wollastonit	plastifikátor
UC-I	39,71	-	16,50	0,98	39,06	-
UC-II	-	40	28,40	1	29,50	0,80
	v/c	superplastifikátor	křemičité úlety	metylcelulosa	odpěňovač	
UC-I	0,80	0,98	1,96	0,11	0,16	
UC-II	0,73	-		0,10	0,20	

Kromě běžných materiálů je pro zlepšení hlavně pevnostních vlastností materiálu u obou matic zhruba jedním procentem zastoupeno uhlíkové vlákno na bázi smoly s označením PITCH based carbon fiber.

Experimentální výsledky

Měrná tepelná kapacita

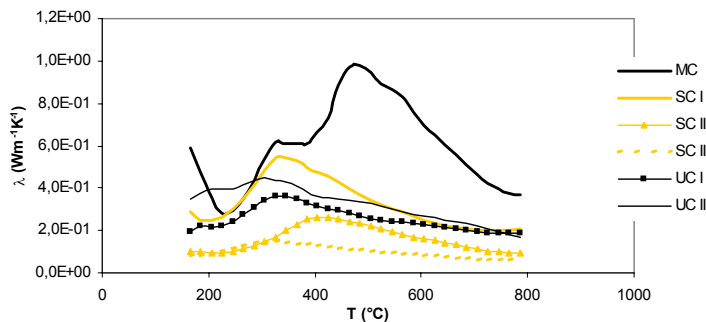
Pro určení měrné tepelné kapacity byla použita metoda neadiabatického kalorimetru popsána v [2]. U výsledků na obr. 1 jsou patrné dva typy funkční závislosti měrné tepelné kapacity $c(T)$ sledovaných materiálů. U matric MC, SC-I a UC-II je c rostoucí funkcí až do teploty přibližně 600 °C, od které začíná monotónně klesat. Pro vzorky SC-II, SC-III a UC-I je měrná tepelná kapacita klesající funkcí teploty v celém studovaném rozsahu.



Obr. 1 Měrná tepelná kapacita sledovaných materiálů

Součinitel tepelné vodivosti

Tento materiálový parametr byl určen metodikou popsanou v [3]. Jedná se o aplikaci inverzní úlohy. Známe-li rozložení teploty v čase při jednosměrném vedení tepla se známými počátečními a okrajovými podmínkami, můžeme z rovnice vedení tepla stanovit součinitel teplotní vodivosti $\alpha(T)$. Při znalosti měrné tepelné kapacity $c(T)$ a hustoty $\rho(T)$ pak snadno vypočteme hodnotu součinitele tepelné vodivosti $\lambda(T)$. Součinitel tepelné vodivosti sledovaných matric je na obr. 2.

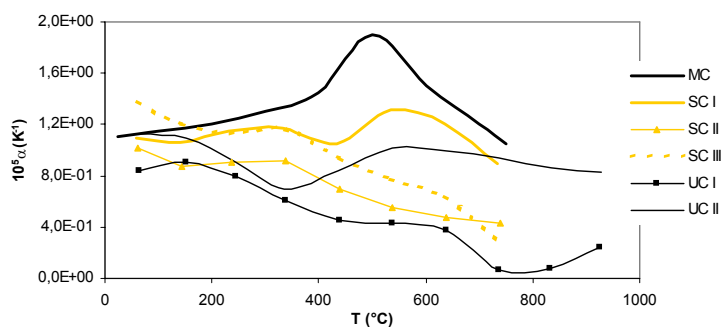


Obr. 2 Součinitel tepelné vodivosti sledovaných materiálů

Součinitel teplotní délkové roztažnosti

Pro stanovení byla použita metoda komparativního měření popsána v [4]. Z hlediska základního charakteru teplotní závislosti součinitele teplotní délkové roztažnosti na obr. 3 mohou být zkoumané materiály rozděleny do tří základních skupin. Do první skupiny patří matrice MC a SC-I. U obou materiálů lze až do teploty přibližně 400 °C pozorovat téměř konstantní průběh $\alpha(T)$ následovaný nárůstem a poklesem na hodnotu zhruba odpovídající hodnotě při počáteční teplotě. Do další skupiny můžeme zařadit šarže SC-II, SC-III a UC-I, pro které má $\alpha(T)$

v uvažovaném teplotním rozsahu převážně klesající charakter. Matrice UC-II má zcela odlišné chování, především pro vyšší teploty od 500 °C, pro které je $\alpha(T)$ téměř konstantní.



Obr. 3 Součinitel teplotní délkové roztažnosti sledovaných materiálů

Závěr

Vliv složení a výrobní technologie na hodnoty součinitele teplotní vodivosti se ukázal jako velmi podstatný zejména v rozsahu nižších teplot cca do 300 až 400 °C. Pro vyšší teploty byly podstatnějšími vlivy rozkladné procesy v cementu a vliv přenosu tepla prouděním a zářením. Proto je třeba věnovat pozornost vzniku co nejrovnoměrnější pórové struktury s menším průměrem pórů a její stabilitě za zvýšených teplot.

Velmi dobře se jako přísady osvědčily wollastonitové a vermikulitové složky. Umožňují vznik rovnoměrnější pórové struktury a také výrazně stabilizují mechanické chování matrice pro zatížení vyššími teplotami. Z hlediska aplikací se spíše jeví jako vhodnější vermikulitová vlákna, která mají menší póry a v důsledku toho v nich není takový vliv přenosu tepla zářením.

Z celkového hlediska všech sledovaných termofyzikálních parametrů vykázala nejlepší výsledky matrice UC-I. Matrice SC-III dosáhla v celém teplotním rozsahu velmi obdobných výsledků. Oba materiály lze tedy z hlediska sledovaných termofyzikálních veličin považovat za vhodné pro využití v praxi jako tepelné izolace a protipožárně ochranné materiály. Pro výběr, zda v konstrukci využít SC nebo UC matrici, bude záležet na konkrétních funkčních požadavcích.

Tato práce vznikla na základě podpory výzkumného záměru MŠMT MSM:210000004.

Literatura

- [1] Poděbradská, J.: Termofyzikální parametry kompozitních stavebních materiálů na bázi cementu v oblasti vysokých teplot. Doktorská dizertační práce, Praha, 2004, str.118
- [2] Toman, J., Černý, R.: Calorimetry of Building Materials. Journal of Thermal Analysis, 1995, vol. 43, pp. 489 - 496.
- [3] R. Černý, J. Drchalová, Š. Hošková, J. Toman, Inverse Problems of Moisture Transport in Porous Materials. Proc. of Second ECCOMAS Conf. on Numerical Methods in Engineering, J.A. Desidéri, P. Le Tallec, E. Onate, J. Périaux, E. Stein (eds.), pp. 664-670. John Wiley and Sons, Chichester 1996.
- [4] Poděbradská, J., Toman, J., Černý, R.: Měření součinitele teplotní délkové roztažnosti sklocementových kompozitů. Stavební obzor, 2001, roč. 10, č. 6, str. 176 - 178.