

## LABORATORNÍ OVĚŘOVÁNÍ NÁCHYLNOSTI SILIKÁTOVÝCH KOMPOZITŮ KE TVORBĚ VÝKVĚTŮ

*Jaromír Vojáček, Pavel Leber, Jaroslava Ledererová, Miroslav Svoboda, Martin Vyvážil<sup>1</sup>*

Příspěvek se zabývá problematikou simulace tvorby výkvětů v laboratorních podmínkách na povrchu silikátových kompozitů. V procesu simulace výkvětovitosti se stanovuje maximální koncentrace výkvětovitých látek v okolním prostředí, jež nezpůsobí za daných podmínek tvorbu výkvětů. Dále se ověřuje množství výkvětovitých látek v technologické směsi kompozitu, jež ještě nezpůsobí tvorbu výkvětů

### Charakteristika výkvětů

Problém výkvětů vznikajících na povrchu silikátových kompozitů spadá především do oblasti degradace materiálu. Degradace je většinou proces ovlivňující mechanické vlastnosti a v konečném důsledku zkracující trvanlivost a životnost konstrukcí. V případě výkvětů se však jedná hlavně o snížení kvality z hlediska estetického. Je tedy žádoucí znát zákonitosti tvorby výkvětů a zamezit či výrazně omezit jejich tvorbu na minimum. Jednou z možností je laboratorní ověřování náchylnosti kompozitů ke tvorbě výkvětů.

---

<sup>1</sup> VOJÁČEK Jaromír, Ing., vojacek@vustah.cz, tel.: 543 529 240, SVOBODA Miroslav, Ing., svoboda@vustah.cz, tel.: 543 529 272, VYVÁŽIL Martin, Bc., vyvazil@vustah.cz, tel.: 543 529 240, LEBER Pavel, Ing., leber@vustah.cz 543 529 317, LEDEREROVÁ Jaroslava, Ing., CSc. ledererova@vustah.cz, tel.: 543 529 201  
Research Institute of Building Materials, JSC., Hněvkovského 65, Brno, Czech Republic

## Simulace tvorby sekundárních výkvětů

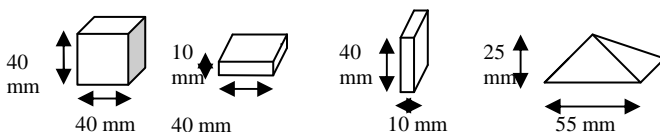
Principem simulace je vynesení výkvětovné látky na povrch vzorku a její následné vyhodnocení.

## Simulace tvorby chloridových, síranových a dusičnanových výkvětů

### *Ověřování tvaru zkušebních těles*

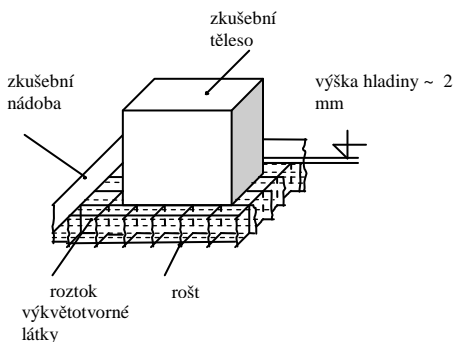
Pro simulaci tvorby sekundárních výkvětů byly vybrány pigmentované vápenopískové cihly připravené hydrotermálním procesem. Vzorky cihel byly připraveny postupným rozřezáním na jednotlivé tvary zkušebních tělísek. Parametry tělísek uvádí následující obrázek č.1.

Obrázek č. 1: Tvary zkušebních tělísek:



Jednotlivá připravená zkušební tělesa byla umístěna do příslušných roztoků výkvětovné látky. Bližší popis umístění vzorků a zkušebního prostoru uvádí obrázek č. 2

Obrázek č. 2: Simulace výkvětovnosti



Jako zástupci potenciálně výkvětovných látek byly vybrány a postupně ověřovány  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Pro ověřování vhodného typu zkušebních těles byly tyto umístěny do roztoků  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$  (5% ; 2,5% ; 0,5%). Zatěžujícím prostředím bylo laboratorního uložení - relativní vlhkost cca 40 %, teplota cca 15 °C. Jako standard sloužila pro porovnání sada zkušebních těles ponořená v destilované vodě. Po prostupu roztoků celým objemem zkušebních těles a následným vysušením při laboratorních podmínkách se vizuálně hodnotil výkvět. Poté byla průběžně sledována postupná tvorba výskytu výkvětů. Množství nasáklé výkvětovné látky a dobu tvorby výkvětu udávají tabulky č.1 ; 2 a 3

Tabulka č.1: Množství nasáklého  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  po prostupu celým objemem a doba tvorby výkvětu

zkušební těleso d/š/v	5% roztok g $\text{Na}_2\text{SO}_4$ / čas (dny)		2,5% roztok g $\text{Na}_2\text{SO}_4$ / čas (dny)		0,5% roztok g $\text{Na}_2\text{SO}_4$ / čas (dny)	
	40x40x40 mm	0,65	0	0,27	1	0,065
40x10x40 mm	0,17	0	0,07	1	0,017	3
40x40x10 mm	0,17	1	0,07	2	0,016	3
trojboký hranol	0,32	0	0,14	1	0,033	3

Tabulka č.2: Množství nasáklého  $\text{NaCl}$  po prostupu celým objemem a doba tvorby výkvětu

zkušební těleso d/š/v	5% roztok g $\text{NaCl}$ / čas (dny)		2,5% roztok g $\text{NaCl}$ / čas (dny)		0,5% roztok g $\text{NaCl}$ / čas (dny)	
	40x40x40 mm	0,60	0	0,24	1	0,059
40x10x40 mm	0,16	0	0,07	1	0,016	3
40x40x10 mm	0,16	1	0,07	3	0,016	4
trojboký hranol	0,30	0	0,12	2	0,030	3

Tabulka č.3: Množství nasáklého  $\text{KNO}_3$  po prostupu celým objemem a doba tvorby výkvětu

zkušební těleso (d/š/v)	5% roztok g $\text{KNO}_3$ / čas (dny)		2,5% roztok g $\text{KNO}_3$ / čas (dny)		0,5% roztok g $\text{KNO}_3$ / čas (dny)	
	40x40x40 mm	0,60	0	0,26	3	0,062
40x10x40 mm	0,17	0	0,07	3	0,016	6
40x40x10 mm	0,17	1	0,07	4	0,017	7
trojboký hranol	0,31	0	0,12	3	0,030	6

## Dílčí poznatky

Jako vhodný typ zkušebních těles se projevil zkušební těleso ve tvaru krychle či trojbokého hranolu.

### *Ověřování koncentrace výkvětovorné látky, jež nezpůsobí výkvět*

Kromě ověřování vhodného typu zkušebních těles se také stanovovala maximální koncentrace výkvětovorných látek, která nezpůsobí tvorbu výkvětů. Pro ověřování maximální koncentrace výkvětovorných látek byly zkušební tělesa (krychle a trojboké hranoly) ponořena do roztoků NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O (0,05% ; 0,1 % ; 0,2 %) a KNO<sub>3</sub> (0,3 % ; 0,2 % ; 0,1 %). Následně byl sledován výskyt výkvětu po 7 a 14 denní expozici v prostředí laboratorního uložení. Průběh tvorby výkvětů udávají tabulky číslo 4 a 5.

Tabulka č.4: Tvorba výkvětu KNO<sub>3</sub>

zkušební těleso d/š/v	0,3% roztok KNO <sub>3</sub> / výkvět		0,2 % roztok KNO <sub>3</sub> / výkvět		0,1% roztok KNO <sub>3</sub> / výkvět	
	7 dnů	14 dnů	7 dnů	14 dnů	7 dnů	14 dnů
40x40x40 mm	NE	NE	NE	NE	NE	NE
trojboký hranol	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Tabulka č.5: Tvorba výkvětu Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

zkušební těleso d/š/v	0,05% roztok Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /výkv.		0,1% roztok Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / výkvět		0,2% roztok Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / výkvět	
	7 dnů	14 dnů	7 dnů	14 dnů	7 dnů	14 dnů
40x40x40 mm	NE	NE	NE	NE	ANO	ANO
trojboký hranol	NE	NE	NE	NE	ANO	ANO

Tvorba výkvětu NaCl a MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O měla stejný průběh jako u Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

## Dílčí poznatky

Po 7 i 14 dnech uložení nebyl zaznamenán nárůst výkvětu  $\text{KNO}_3$  na žádných tělesech pro všechny připravené roztoky. Limitní maximální koncentrace  $\text{KNO}_3$ , jež za daných podmínek (14 dnů expozice, 15 °C, relativní vlhkost 40%) nezpůsobí nárůst výkvětu leží v intervalu 0,3 - 0,5 %. Po 7 dnech uložení byl zaznamenán nárůst výkvětu  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  na obou dvou typech těles pro koncentraci 0,2 %. Po 14 dnech uložení těles v roztocích 0,05 a 0,1 %  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  nebyl zaznamenán žádný nárůst výkvětu. Limitní maximální koncentrace  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , jež za daných podmínek (14 dnů expozice, 15 °C, relativní vlhkost 40%) nezpůsobí nárůst výkvětu leží okolo 0,1 %. Podobný průběh tvorby výkvětů byl zaznamenán u těles ponořených do roztoků  $\text{NaCl}$  a  $\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Dalšími sledovanými parametry v procesu simulace výkvětovnosti byly porozita, nasákavost kompozitů, relativní vlhkost vzduchu, teplota okolního prostředí, výška hladiny roztoku výkvětovné látky.

## Simulace tvorby primárních výkvětů

Při tomto způsobu simulace se výkvětovná látka přidává přímo do procesu výroby kompozitu. V současnosti probíhá příprava vápenopískového kompozitu hydrotermálním způsobem. Postup simulace je stejný jako v případě simulace tvorby sekundárních výkvětů, jen se roztok výkvětovné látky nahradí destilovanou vodou.

## Závěr

Z hlediska náchylnosti kompozitů ke tvorbě výkvětů jsou klíčovými parametry nasákavost, pórovitost kompozitů, obsah výkvětovných látek v okolním zatěžujícím prostředí a vlastnosti tohoto prostředí (teplota, vlhkost aj.). Bylo zjištěno, že každá potenciálně výkvětovná látka a jednotlivé zatěžující prostředí různě ovlivňují rychlost tvorby a typ výkvětu na povrchu silikátových kompozitů. Při procesu simulace výkvětovnosti je nutné stanovit vhodný tvar zkušebních těles.

Získané poznatky budou průběžně prezentovány pro odbornou veřejnost na konferencích, seminářích či v článcích v relevantních časopisech.

## Literatura

1. RODRIGUEZ-NAVARO, C.; DOEHME, E. ; SEBASTIAN, E. How does sodium sulfate crystallize? Implications for the decay and testing of building materials. *Cement and Concrete Research*, 2000, Volume 30, Issue 10, , s .1527-1534
2. LOPÉZ-ACEVEDO, V.; VIEDMA, C.; GONZALEZ V.; IGLESIA L. Salt crystallization in porous construction materials. II. Mass transport and crystallization processes. *Journal of Crystal Growth*, 1997, Volume 182, Issues 1-2, s. 103-110
3. MATĚJKA, J.: *Výkvěty v keramice a na stavbách*, Knihovny Staviva , svazek 6, Praha 1948