

Spékané popílkové kamenivo

Ing. Vít Černý, Ph.D.¹, Ing. Pavel Sokol¹, Ing. Renáta Zárubová, Ph.D.²

¹Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS; cerny.v@fce.vutbr.cz

²Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most

Přijato: 24. 10. 2014, recenzováno: 10. 11. 2014 a 16. 5. 2015

Umělé kamenivo ze spékaných popílků je příkladem materiálu, který je možno vyrábět čistě na bázi popílku bez dalších příměsí. Pro tento ideální případ je však nutné disponovat optimálním typem suroviny, která dosahuje základní jemnosti a obsahuje vhodný podíl spalitelných látek. Pro zajištění optimálního průběhu výpalu a získání kvalitního kameniva je však nutno věnovat pozornost studiu vlivu charakteru popílku na vznik popílkového střepu. Ve světě jsou známy spíše zkušenosti s výrobou umělého popílkového kameniva na bázi hydratace s cementem nebo vápnem. Umělé spékané kamenivo je často vyráběno zastaralou technologií bez významného výzkumu a inovací. Jako podklad pro hodnocení vlivu popílků na průběh výpalu a popílkový střep slouží poznatky keramiky [1]. V případě popílků se však jedná o velmi heterogenní materiál, ovlivněný termálními procesy při jejich vzniku, a je tak nutné se touto problematikou zabývat.

Klíčová slova: Keywords:

1 Technologie výroby kameniva samovýpalem

Technologie výroby umělého kameniva ze spékaných popílků je založena na principu samovýpalu. Jedná se o vhodné využití spalitelných látek vsázky pro tepelný proces sintrace. Za optimální množství je považováno rozmezí 7-11 % hmotnostních. Pro případnou korekci je nejčastěji použito mletého uhlí. Ověřovány jsou i alternativy ve formě uhelných hlušín, různých typů kalů, popílků s nadlimitní ztrátou žiháním apod., kdy nejlepších výsledků je dosaženo s hnědouhelnými hlušínami a popílky.

Optimální směs minerálních látek je mísená s vodou, granulována na granulacních válcích nebo talířích a ve formě pelet uložena na aglomerační rošt. Následně je zapálena zemním ply-

nem a s pomocí vlastního tepla a ventilátorů vypalována při maximální teplotě cca 1 200 °C. Po dostatečném prohoření a vy-chlazení je vsázka podrcena a tříděna na finální frakce.

Pro technologii výroby kameniva jsou tak vhodné především popílky s nedopalem blízkým hodnotám 8 % hmotnostních a nízkou nasákavostí, čímž je zaručen optimální průběh samovýpalu. Vytvoření kvalitního zrna kameniva také klade požadavky na granulometrii, strukturu, chemické a mineralogické složení popílku [1,2]. Vzhledem k požadavku na minimální jemnost popílku jsou pro technologii vhodné především úletové filtrové popílky.

2 Parametry vybraných typů popílků

Pro experimentální činnost byli vybráni vždy tři zástupci fluidního způsobu spalování (lignit, hnědé uhlí, směs černého a hnědého uhlí) a 3 zástupci klasického vysokoteplotního způsobu spalování (hnědé uhlí, černé uhlí, antracit). V následujících tabulkách a grafu jsou uvedeny rozhodující parametry použitých popílků pro představení hlavních rozdílů.

Z uvedených výsledků fyzikálně-chemických zkoušek je patrné, že tuzemské popílků mají vzhledem k efektivně nasta-

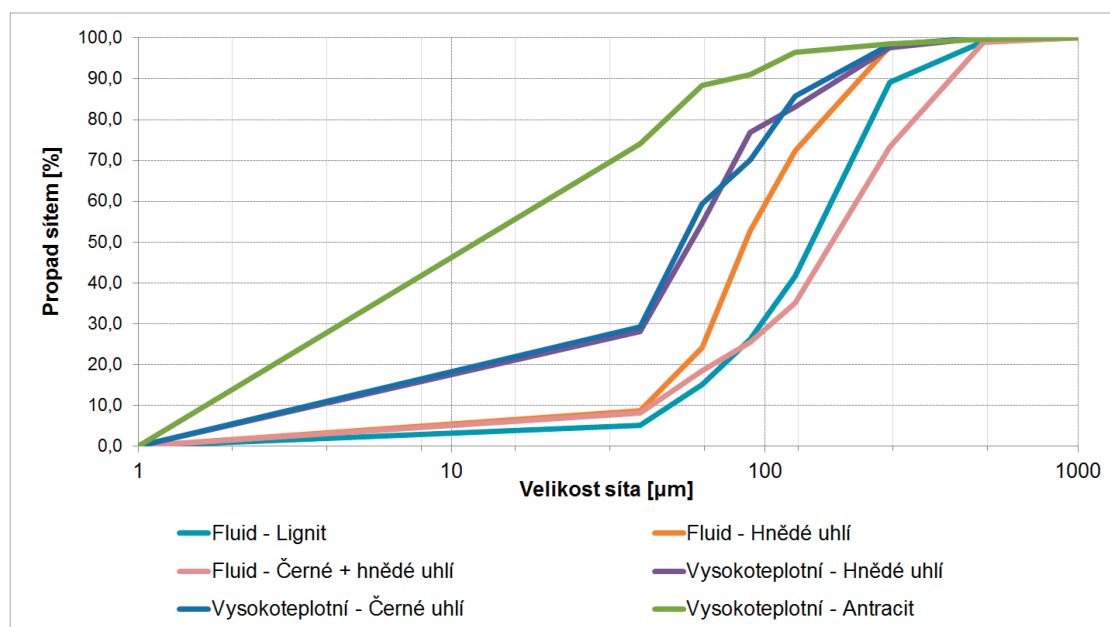
vené technologii spalování nízký podíl nedopalu, vyjádřeného jako ztráta žiháním. Antracitický popílek ze slovenského zdroje dosahuje velmi vysokých hodnot nedopalu a ukazuje na problém nedostatečného spalování tohoto typu uhlí. Vzhledem k charakteru technologie spalování uhlí ve fluidních kotlích je z údajů uvedených v tabulce č. 1 zřejmý vyšší obsah síranové síry a volného vápna v těchto popílcích. Stejně tak dosahují tyto produkty obecně i nižších sypných hmotností [3]. Výjimkou je fluidní popílek ze spalování směsi černého a hnědého uhlí, což může být způsobeno nastavením spalovacího procesu, kdy došlo

Tab.1: Fyzikálně-chemické vlastnosti zkoušených vzorků popílků.

Parametr	Jednotka	Fluidní popílků			Vysokoteplotní popílků		
		Lignit	Hnědé uhlí	Černé + hnědé uhlí	Hnědé uhlí	Černé uhlí	Antracit
SiO ₂	[%]	41,3	38,9	47,9	51,2	53,0	51,4
Al ₂ O ₃		38,9	40,6	29,5	3,9	25,3	23,6
Fe ₂ O ₃		4,9	5,8	4,9	5,1	7,8	11,3
SO ₄ ²⁻		22,2	10,70	29,7	1,2	1,1	0,1
CaO		14,7	4,7	37,0	1,3	4,0	3,2

Tab. 2: Výsledky chemických rozborů zkoušených vzorků popílků.

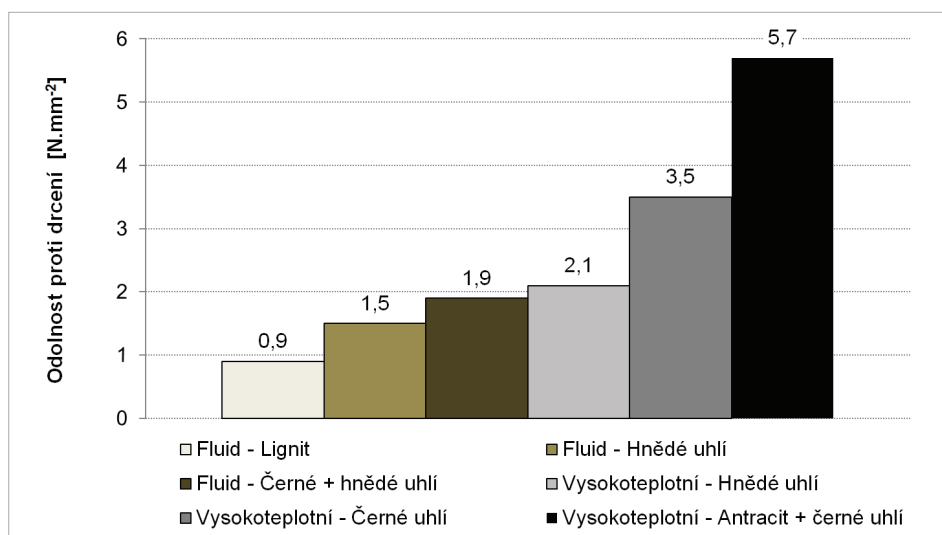
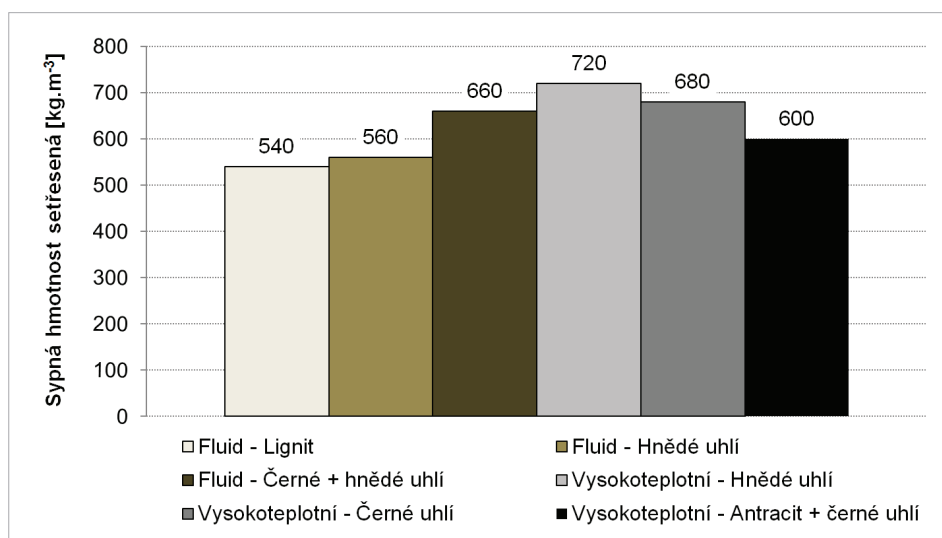
Název zkoušky	Jednotka	Fluidní popílků			Vysokoteplotní popílků		
		Lignit	Hnědé uhlí	Černé + hnědé uhlí	Hnědé uhlí	Černé uhlí	Antracit
Ztráta žiháním	[% hm.]	1,87	5,79	0,53	2,04	2,90	25,6
Sypná hmotnost volně sypaná	[kg.m ⁻³]	535	575	865	820	915	796
Sypná hmotnost setřesená	[kg.m ⁻³]	665	720	1 080	1 005	1 035	892
Obsah amorfnní fáze	[% hm.]	Neměřeno			43,2	60,5	84,7



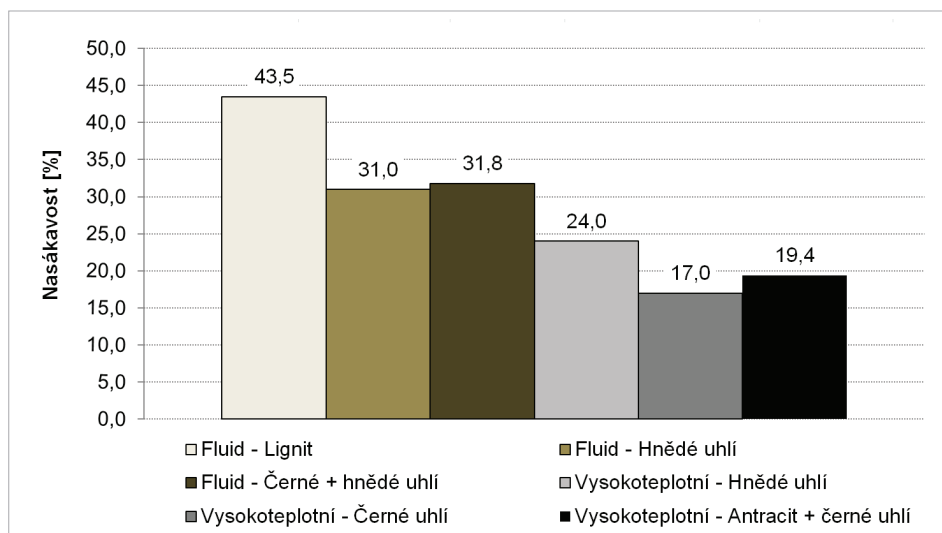
Graf 1: Grafické znázornění zrnitosti jednotlivých druhů popílků.

k téměř úplnému vyhoření uhlí. Při hodnocení obsahu amorfni fáze ve vysokoteplotních popílcích je zřejmé, že s výhřevností uhlí roste i podíl amorfni fáze, který může mít pozitivní vliv na

kvalitu popílkového střeptu. Stejně důležitá je i jemnost popílků, která je nejvyšší u antracitického popílku a nejnižší u fluidního popílku ze spalování lignitu.



Graf 3: Odolnost proti drcení vzorků kameniva z různých druhů popílků.



3 Parametry vyrobeného kameniva

Zkušební výpaly umělého kameniva byly prováděny ve shodných podmínkách s tím, že celkový obsah spalitelných látek byl stanoven pro fluidní popílky na 9 % hmot. (pro odpaření vyššího podílu technologické vody) a pro vysokoteplotní popílky na 8 % hmot. Vzhledem k vysokému podílu spalitelných látek v antracitickém popílku byla nutná korekce směsi 22% příměsí černouhelného vysokoteplotního popílku. Výška vsázky byla u všech výpalů nastavena vždy na 30 cm a doba zapalování zemním plynem 5 minut. Vypálené kamenivo bylo rozdruženo, tříděno a na frakci 8-16 mm byly stanoveny základní parametry. [4] Tyto jsou uvedeny grafech č. 2-4.

Výsledky ukazují, že sypaná hmotnost kameniva není přímo úměrná odolnosti proti drcení. Pevnosti a nasákavosti jsou závislé na struktuře a charakteru pórovitosti střepe. Je zřejmé, že kvalita umělého kameniva je ovlivněna nejen druhem spalovacího procesu (fluidní, klasický). Výrazný vliv má i kvalita v energetickém zařízení používaného paliva, která ovlivňuje teplotu vzniku popílku, tím mikrostrukturu i procento skelné fáze.

Vysokoteplotní popílky, díky vysokému procentu skelné fáze, zaručují velkou odolnost proti drcení a nízkou nasákavost vsázky i kameniva a vytvoření kvalitního zrna s uzavřenou pórovitostí. Fluidní popílky, svou neuspořádanou (načechranou) strukturou bez křemičité amorfni fáze a obsahem volného vápna, způsobují vytvoření nekvalitního zrna s otevřenou pórovitostí.

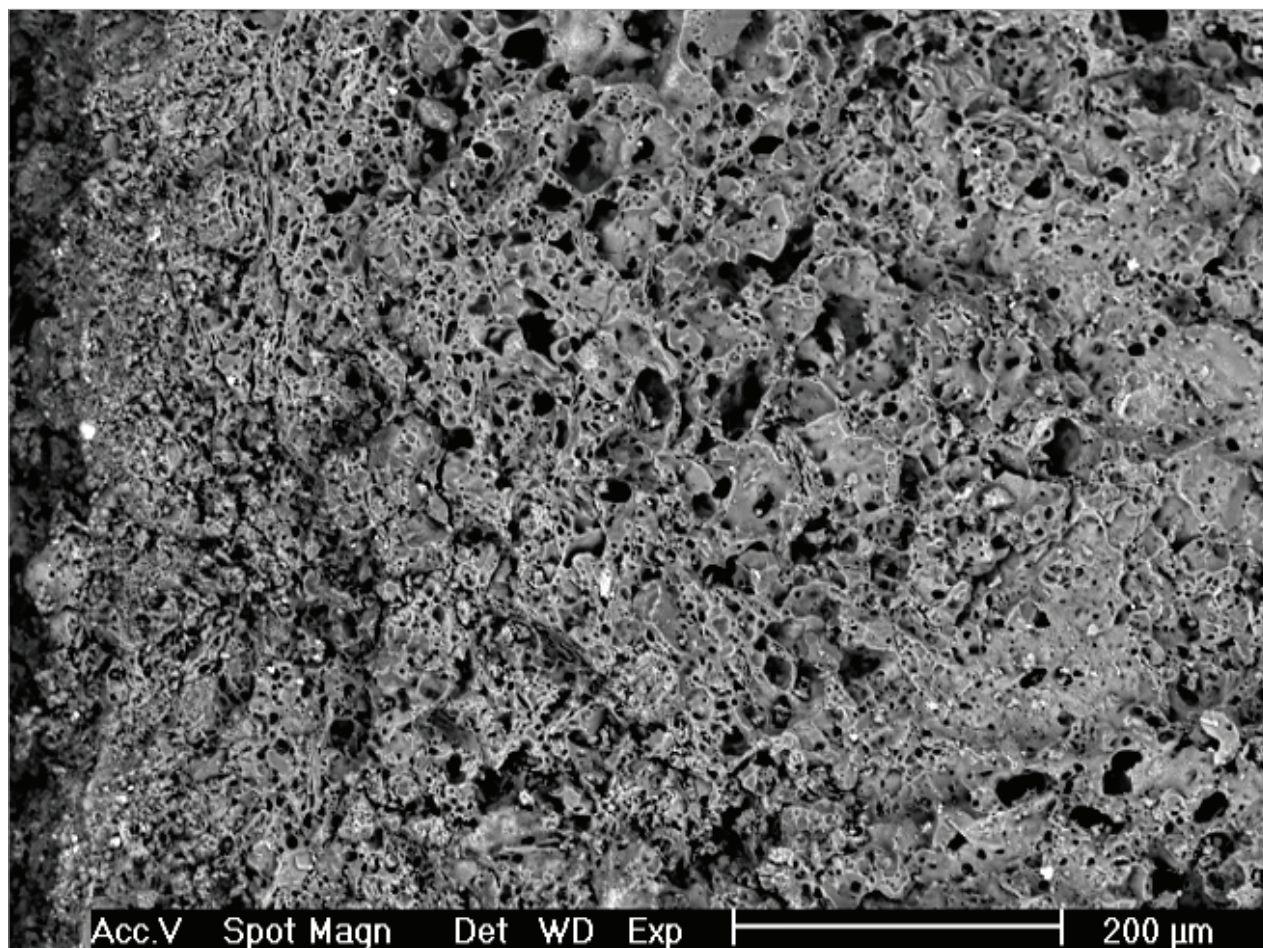
Při hodnocení vhodnosti popílku pro výrobu umělého kameniva, s ohledem na technologii spalování uhlí v elektrárně, jsou při porovnání vysokoteplotního a fluidního způsobu zřejmé výrazné rozdíly (viz obrázek č. 1 a 2).

Na obrázcích lze také vidět poměrně hutnou strukturu popílkového kameniva z vysokoteplotního popílku u povrchu, která způsobila mírně větší pórovitost uprostřed. Jedná se však vždy o uzavřené póry, které nezvyšují výrazně nasákavost, tak jako v případě kameniva z fluidních popílků. U nich nastává také problém s nadměrným výskytem velkých pórů a s vysokým podílem taveniny. Struktura je tak výrazně oslabována.

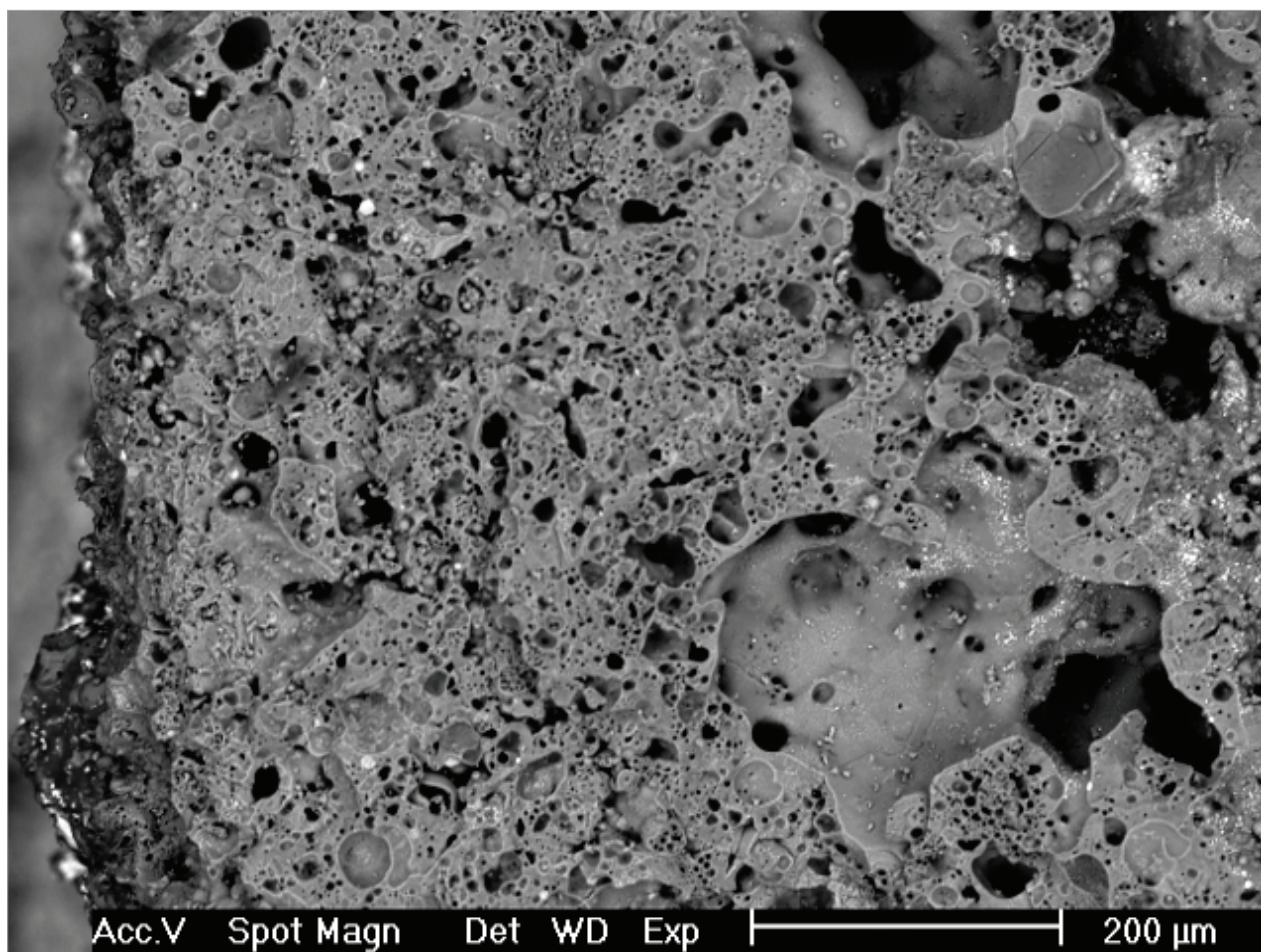
4 Závěr

Využití popílků z vysokoteplotního i fluidního způsobu spalování pro výrobu umělých kameniv je jistě jedním z výhodných způsobů, jak tyto produkty zpracovat až ve 100% podílu ve výsledném materiálu. Stejně jako v případě ostatních způsobů využití ve stavebnictví záleží nejen na technologii spalování, ale také na palivu používaném v energetickém zařízení, které ovlivňuje nejen užité, ale také environmentální vlastnosti kameniva.

Vysokoteplotní popílky díky vysokému procentu amorfni křemičité fáze zaručují vyšší pevnosti, nízké nasákavosti vsázky i kameniva a vytvoření kvalitního zrna s uzavřenou pórovitostí. Fluidní popílky svou neuspořádanou strukturou a obsahem



Obr. 1: Mikrostruktura zrna kameniva na bázi vysokoteplotního popílku z černého uhlí.



Obr. 2: Mikrostruktura zrna kameniva na bázi fluidního popílku z hnědého uhlí.

volného vápna způsobují vysokou potřebu záměsové vody, která zvyšuje spotřebu energie při výpalu a vytvoření méně kvalitního zrna s otevřenou pórovitostí. Dalším výrazným negativem jsou pochopitelně emise SO_2 , vznikající při tepelném procesu samovýpalu.

Z těchto důvodů mají fluidní popílků větší perspektivu využití v technologii výroby umělého kameniva studenou cestou, kdy je využito pojivových schopností volného vápna a dalších produktů odsíření s tím, že dalším přídavkem cementu nebo vápna dojde ke stabilizaci struktury.

Poděkování

Článek byl vytvořen v rámci řešení projektu č. LO1408 „AdMaS UP - Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie“ podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy v rámci účelové podpory programu „Národní program udržitelnosti I“ a projektu č. P104-13-30753P "Studium procesu vzniku popílkového střepu" podporovaného Grantovou agenturou České republiky.

Literatura

- [1] PYTLÍK, P., SOKOLÁŘ, R.: Stavební keramika: technologie, vlastnosti a využití. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-7204-234-3.

- [2] HLAVÁČ, J.: Základy technologie silikátů – celostátní vysokoškolská příručka. 2. upr. vyd. Praha: SNTL, Bratislava: Alfa, 1988. 516 s.
- [3] EURELECTRIC/ECOPA. Klasifikace vedlejších energetických produktů podle revidované rámcové směrnice o odpadech (2008/98/ES).
- [4] ČSN 72 2072-6: Popílek pro stavební účely část 6: Popílek pro výrobu umělého kameniva spékání, Praha, 2013.