

Využití fluidních popílků při výrobě cementu

Karel Dvořák, Marcela Fridrichová,
Oldřich Hoffmann, Jana Stachová



Úvod



- | Fluidní popílek jako aktivní složka při výrobě směsných portlandských cementů
- | Potenciální náhrada za vysokopecní strusku
- | Potvrzena pucolanita
- | Mohou vykazovat i určité hydraulické schopnosti
- | Možný negativní vliv vzhledem k zvýšené tvorbě ettringitu

Metodika



- | Přípraveny směsné cementy se třemi typy popílků
 - | Fluidními ložovým
 - | Fluidní filtrový
 - | Vysokoteplotní - Reference

- | Dávkování popílků bylo zvoleno ve výši:
 - | 0%, 15%, 20%, 25% a 30% z hmotnosti cementu

- | Jemnost mletí $420 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$

- | Expozice ve třech prostředích
 - | vodní uložení, prostředí nasycené vodní páry a laboratorní prostředí

- | Sledovány technologické vlastnosti, hydratační proces a mikrostruktura

Vlastnosti popílků



Složka [%]	Druh popílku		
	Dětmrovice	Hodonín lože	Hodonín filtr
SO ₃	0,73	13,4	7,84
SiO ₂	50,43	30,4	31,6
Fe ₂ O ₃	7,95	3,59	6,64
Al ₂ O ₃	25,54	13,9	17,0
CaO	4,79	32,9	29,4
MgO	2,79	1,99	3,72
P ₂ O ₅	0,08	0,142	0,341
MnO	0,11	0,048	0,103
TiO ₂	1,12	0,467	0,541
Na ₂ O	0,56	0,258	0,326
K ₂ O	2,96	1,02	1,17

Technologické vlastnosti



Vysokoteplotní popílek Dětmarovice

Sledovaná vlastnost	Laboratorní prostředí				
	0	15	20	25	30
Normální konzistence w	0,3	0,28	0,29	0,29	0,29
Pevnost v tlaku 28 dní	72,2	62,1	59,2	59,2	51,8
Pevnost v tlaku 180 dní	83,6	80,9	77,8	79,4	74,4
Objemová stálost 180 dní %	-0,68	-0,44	-0,53	-0,34	-0,42
	Nasycená vodní pára				
Pevnost v tlaku 28 dní	72,2	62,1	59,2	59,2	51,8
Pevnost v tlaku 180 dní	77,0	80,9	78,3	78,4	77,4
	Vodní uložení				
Pevnost v tlaku 28 dní	72,2	62,1	59,2	59,2	51,8
Pevnost v tlaku 180 dní	78,2	81,7	77,6	80,7	76,9

Technologické vlastnosti



Fluidní popílek Hodonín - lože

Sledovaná vlastnost	Laboratorní prostředí				
	0	15	20	25	30
Normální konzistence w	0,3	0,3	0,32	0,32	0,32
Pevnost v tlaku 28 dní	72,2	72,6	71,5	63,3	54,6
Pevnost v tlaku 180 dní	83,6	82,7	79,3	68,0	69,0
Objemová stálost 180 dní %	-0,68	-0,35	-0,36	-0,27	-0,18
	Nasycená vodní pára				
Pevnost v tlaku 28 dní	72,2	72,6	71,5	63,3	54,6
Pevnost v tlaku 180 dní	77,0	77,6	77,1	79,1	71,3
	Vodní uložení				
Pevnost v tlaku 28 dní	72,2	72,6	71,5	63,3	54,6
Pevnost v tlaku 180 dní	78,2	76,6	78,3	74,9	71,3

Technologické vlastnosti



Fluidní popílek Hodonín - filtr

Sledovaná vlastnost	Laboratorní prostředí				
	0	15	20	25	30
Normální konzistence w	0,3	0,32	0,33	0,36	0,39
Pevnost v tlaku 28 dní	72,2	61,2	63,7	50,5	48,6
Pevnost v tlaku 180 dní	83,6	70,4	71,2	60,6	57,5
Objemová stálost 180 dní %	-0,68	-0,77	-0,53	-0,68	-0,29
	Nasycená vodní pára				
Pevnost v tlaku 28 dní	72,2	61,2	63,7	50,5	48,6
Pevnost v tlaku 180 dní	77,0	72,6	77,0	57,8	47,1
	Vodní uložení				
Pevnost v tlaku 28 dní	72,2	61,2	63,7	50,5	48,6
Pevnost v tlaku 180 dní	78,2	70,0	72,2	61,9	54,7

Hydratační proces



I RTG difrakční analýza

- I Identifikován alit, belit, brownmillerit, sádrovec, křemen, anhydrit II, portlandit, kalcit, vaterit, aragonit, ettringit, monosulfát.
- I S rostoucím obsahem popílku klesal obsah portlanditu i uhličitanu vápenatého, a naopak se zvyšoval podíl ettringitu
- I V systému C-SO₃-A-H fází převažuje ettringit, sporadicky a monosulfát, event. Sádrovec
- I Ani po dvou letech uložení nebyla prokázána žádná reakce vedoucí k přeměnám ettringitu

Hydratační proces



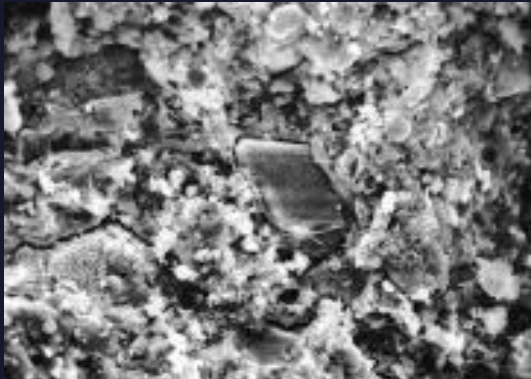
I Termická analýza

Doba hydratace [dny]	Obsah popílku [%]					
	0%		30%			
			Lože		Filtr	
	SCaO	SH %	SCaO	SH	SCaO	SH
Teoreticky ukončená hydratace slinku	25	100	19,9	100	19,7	100
28	19,1	76,4	15,3	76,9	15,7	79,7
90	25,6	102,4	19,8	99,5	-	-
180	27,3	109,2	20,8	104,5	20,4	103,6
720	27,2	108,8	15,4	77,4	16,4	83,2

Hydratační proces



- | Elektronová mikroskopie
 - | 25% Vysokoteplotního popílku 2 roky expozice



1000 x Laboratorní prostředí



3000 x Laboratorní prostředí



1000 x Vodní prostředí



3000 x Vodní prostředí

Hydratační proces



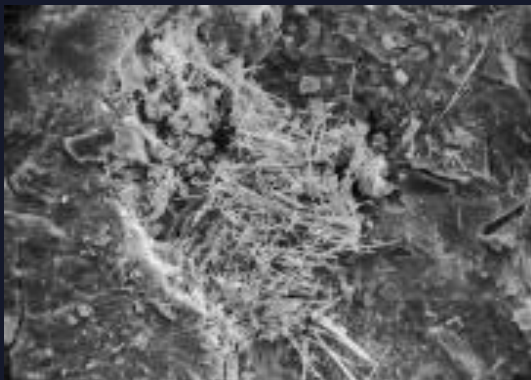
- | Elektronová mikroskopie
 - | 25% Filtrového popílku 2 roky expozice



1000 x Laboratorní prostředí



5000 x Laboratorní prostředí



300 x Vodní prostředí

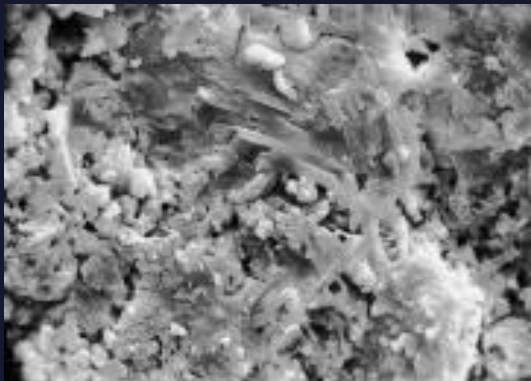


3000 x Vodní prostředí

Hydratační proces



- | Elektronová mikroskopie
 - | 25% Ložové popílku 2 roky expozice



1500 x Laboratorní prostředí



5000 x Laboratorní prostředí



300 x Vodní prostředí



3000 x Vodní prostředí

Závěr



- | Pevnosti cementů s příměsí popílků se v dlouhodobém horizontu dorovnávají pevnostem cementu jednosložkového
- | Nižší kinetika vytvrzování cementů s filtrovým popílkem je spíše než rozdíly v chemickém a mineralogickém složení vysvětlitelná odlišným fyzikálně chemickým chováním, vyplývajícím z jeho granulometrie.
- | Vlivem mimořádné jemnozrnnosti se totiž při zvoleném mlecím režimu filtrový popílek prakticky nerozdružuje, a navíc díky vysoké tlumicí kapacitě zabraňuje i dokonalému semletí slinkových zrn. Tímto nedochází u samotného popílku k otevření tzv. aktivního povrchu, který by umožnil zvýšení rychlosti probíhajícího hydratačního procesu. Kromě toho nedokonale rozdělená slinková zrna se během 28 dnů hydratace pokryjí hydratačními produkty typu „outer“, v jejichž důsledku se výrazně zpomalí, případně prakticky zastaví transport vody k vnitřním částem těchto zrn, a tím se i výrazně zpomalí proces hydratace.
- | Na základě sledování průběhu hydratace lze konstatovat, že fluidní popílek ložový i filtrový vykazují pucolánové chování, a to v podstatě stejné.



Příspěvek vznikl za podpory
VVZ MSM 0021630511 a GAČR P104/10/0910

