

## VLIV GRANULOMETRIE CEMENTU NA VLASTNOSTI CEMENTOVÝCH PAST

MARCELA DAŇKOVÁ, OLDŘICH HOFFMANN\*), KAREL ČERNÝ

*Vysoké učení technické, Gorkého 7, 662 38 Brno*

*\*) Výzkumný ústav stavebních hmot, Hněvkovského 65, 617 00 Brno*

Došlo 10. 4. 1985

*Pasty z cementů hrubozrnných (do 63 μm) vykazují pozvolnější hydratační proces než z cementů jemnozrnných. Tento jev je způsoben menším reakčním povrchem cementu a menším počtem kontaktních ploch mezi zrny. Výsledkem pozvolnější hydratace jsou vyšší mikropórovitost a nižší pevnosti v ohybu a tlaku. Vlastnosti cementů jemnozrnných (pod 20 μm) jsou poznamenány potřebou vysokých vodních součinitelů pro zpracování na stejnou, normovou, konzistenci vzhledem k cementům hrubozrnnějším. Vysoké vodní součinitele způsobují podstatné zhoršení vlastností mikrostrukturálních i fyzikálně mechanických. Nejpriznivější výsledky v oblasti mikrostruktury i fyzikálně mechanických vlastností poskytují cementy střední granulometrie (do 40 μm), které mají dostatečně velký reakční povrch a počet kontaktních ploch mezi zrny, ale dosud nevyžadují vysokých hodnot vodního součinitele.*

### ÚVOD

Názory na vliv granulometrie cementu na vlastnosti zatvrdlých cementových past nejsou zcela jednotné. Např. pro potřebu dosažení vysokých počátečních pevností se doporučují cementy, které vykazují vedle vhodného fázového složení též výrazný podíl velmi jemných částic [1], [2], podle jiných autorů [3], [4] se jako optimální jeví plynulé zastoupení všech frakcí, přičemž někteří autoři [3] dokonce přisuzují granulometrii prioritní postavení před fázovým složením.

Otázka granulometrického složení cementů, popř. jemnosti mletí, má svoje odpostatnění i z praktického hlediska, neboť, jak známo, proces mletí cementu patří k energeticky, a tedy i ekonomicky nejnáročnějším. Z tohoto důvodu je nutné zvážit, zda výroba vysoce jemně mletých cementů bude mít takový přínos pro zlepšení vlastností z nich připravených malt a betonů, který by vyvážil zvýšené výrobní náklady.

K poznání vlivu granulometrie na vlastnosti hydratovaných cementových produktů se snaží přispět i tato práce, zaměřená na sledování vlastností cementových past připravených z cementů jednotného mineralogického složení, avšak s odlišnou granulometrií.

### EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

#### Metodika práce a příprava vzorků

Zkoušený cement byl roztríděn na vzorky s pevně vymezenými zrnitostními intervaly. Roztríděním vzniklo pět vzorků: vzorek obsahující zrna velikosti 0—10, 0—20, 0—30, 0—40 a 0—63 μm.

Z roztríděných cementů byly připraveny pasty, na kterých se sledovaly vlastnosti mikrostrukturální a fyzikálně mechanické.

K vlastním měřením byly použity dvě série vzorků. První, série A, byla připravena ze slínku Maloměřice, ke kterému pro stejné zastoupení ve vzorcích byl sádrovec přidáván až po jeho rozřídění na frakce. Jako srovnávací byla připravena série B z rozříděného cementu PC 400 Maloměřice.

Slínek pro vzorky série A byl semlet na mlýně VÚSH Brno na měrný povrch 476 m<sup>2</sup> · kg<sup>-1</sup> a rozříděn na přístroji Alpine Multi-plex na zadaná granulometrická rozmezí. U každého vyříděného vzorku bylo stanoveno granulometrické složení (tab. I), měrný povrch dle Blaina (tab. II) a mineralogické složení RTG-difrakční analýzou. Ke každé frakci byl zvlášť přidán sádrovec v množství 5 % na hmotnost slínku s následnou homogenizací vzorků.

Tabulka I

Granulometrické složení vzorků ze slínku Maloměřice a z cementu PC 400 Maloměřice

Interval [μm]	Granulometrické složení dif. [% obj.]									
	série A					série B				
	0—10 [μm]	0—20 [μm]	0—30 [μm]	0—40 [μm]	0—63 [μm]	0—10 [μm]	0—20 [μm]	0—30 [μm]	0—40 [μm]	0—63 [μm]
1,81—2,28	5,7	6,2	4,7	4,1	3,7	5,7	3,2	2,7	2,3	2,3
2,28—2,87	9,3	9,4	7,1	6,1	5,4	8,7	5,1	3,8	3,1	3,1
2,87—3,62	11,0	10,7	8,3	6,7	6,1	10,5	6,6	4,5	3,6	3,8
3,62—4,56	13,0	12,3	10,0	7,8	7,1	12,9	8,9	6,4	5,0	5,1
4,56—5,75	16,9	12,3	10,6	7,4	7,6	15,7	10,8	7,1	5,5	5,6
5,75—7,24	17,9	11,4	10,0	6,9	7,3	16,0	11,8	7,9	5,9	6,1
7,24—9,12	18,7	12,4	11,5	8,2	8,4	16,4	15,1	10,8	8,1	7,9
9,12—11,49	5,4	12,4	10,8	8,6	9,0	6,6	16,4	11,9	9,9	9,2
11,49—14,48	0,8	8,5	10,9	9,4	8,9	2,2	13,4	14,3	12,5	10,3
14,48—18,24	0,5	3,0	10,4	10,0	10,7	1,5	5,9	14,9	14,0	10,7
18,24—22,98	0,4	0,5	4,9	10,6	8,7	1,6	1,4	12,3	14,9	11,7
22,98—28,95	0,2	0,6	0,5	6,5	7,7	0,8	0,7	2,8	10,0	11,5
28,95—36,48	0,2	0,3	0,3	7,0	5,3	1,0	0,7	0,6	3,2	10,5
36,48—45,96	0,0	0,0	0,0	0,7	3,1	0,4	0,0	0,0	1,9	2,2
45,96—57,91	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0

Tabulka II

Měrné povrchy vzorků ze slínku Maloměřice (série A) a z cementu PC 400 Maloměřice (série B)

Zrnitostní rozmezí [μm]	Měrný povrch [m <sup>2</sup> · kg <sup>-1</sup> ]	
	série A	série B
0—10	893	761
0—20	694	648
0—30	612	494
0—40	540	441
0—63	496	372

Cement pro vzorky série B byl též roztríděn na přístroji Alpine Multi-Plex. Následoval rozbor zrnitosti (tab. I), měrný povrch vzorků této série dle Blaina (tab. II) a mineralogický rozbor. Vzhledem k vysokému obsahu  $C_3S$  ve vstupním slínku u série A i ve vstupním cementu série B neprokázala RTG-difrakční analýza patrné rozdíly v mineralogickém složení vzorků s různou granulometrií.

Při zpracování cementů na pasty bylo původním záměrem připravit všechny pasty s jednotným vodním součinitelem. Ukázalo se však, že vzorky cementů jemnozrnných, zejména 0—10  $\mu\text{m}$ , vyžadují pro dobrou zpracovatelnost podstatně vyšších hodnot vodního součinitele než vzorky cementů s větším podílem hrubších částic. Jestliže by pasty byly připraveny s vodním součinitelem vyhovujícím dobré zpracovatelnosti cementu 0—10  $\mu\text{m}$ , konzistence ostatních vzorků by byla tekutá, a docházelo by k odměšování vody. Proto byly cementové pasty připraveny s různými hodnotami vodního součinitele, a to takovými, aby odpovídaly požadavku na normovou konzistenci podle Vicata. Vodní součinitele jednotlivých cementových past jsou uvedeny v tab. III.

Tabulka III

Vodní součinitele cementových past, série A, B

Zrnitostní rozmezí [ $\mu\text{m}$ ]	Vodní součinitel $w = v/c$	
	série A	série B
0—10	0,40	0,43
0—20	0,33	0,38
0—30	0,31	0,33
0—40	0,30	0,30
0—63	0,30	0,30

Z past byly vytvořeny trámečky rozměrů 20×20×100 mm a ihned i s formou uloženy do prostředí o relativní vlhkosti 95—100%. Po 24 hodinách byly odformovány a opětovně uloženy do téhož prostředí.

Cementové pasty byly zkoušeny na vlastnosti mikrostrukturální a fyzikálně mechanické po 1, 3, 7 a 28 dnech hydratace. Fyzikálně mechanické vlastnosti byly zjišťovány vždy na třech trámečkách bez předchozího sušení. Pro zkoušky mikrostruktury byly použity zlomky trámeček po zkouškách pevnostních, které byly před měřením vysoušeny při teplotě 65 °C po dobu 24 hodiny.

### Mikrostruktura vzorků

Z hlediska mikrostruktury bylo sledováno mineralogické složení a mikropórovitost cementových past.

K mineralogickým rozborům bylo použito metod RTG-difrakční analýzy a elektronové rastrovací mikroskopie. Mikropórovitost byla měřena vysokotlakou rtuťovou porozimetrií.

## Mineralogické složení

Co do kvality vykazovaly všechny zkoušené vzorky stejné mineralogické složení. To znamená po jednom dni hydratace značné množství portlanditu, C—S—H gelu a zbytky slínekových minerálů  $C_3S$  a  $\beta$ - $C_2S$ . S postupující hydratací, po sedmi až 28 dnech, byl ve vzorcích dále identifikován ettringit, který později přecházel na monosulfát,  $C_3A \cdot CaSO_4 \cdot 12 H_2O$ , a karbonátový komplex  $C_3A \cdot CaCO_3 \cdot 10-12H_2O$ .

Vliv rozdílné granulometrie se projevil v kvantitativním zastoupení jednotlivých minerálů. Čím hrubozrnnější byl cement, tím proces hydratace probíhal pozvolněji. Rychlost hydratace byla sledována RTG-difrakcí podle úbytku slínekových minerálů a přírůstku obsahu portlanditu ve vzorcích. U vzorků z cementů hrubozrnných, 0—63  $\mu m$ , byl nižší obsah portlanditu a naopak vyšší obsah výchozích slínekových minerálů  $C_3S$  a  $\beta$ - $C_2S$ , a to především do 7 dnů hydratace. Později se stupeň hydratace vzorků s různou granulometrií začal vyrovnávat.

Stejně závěry o průběhu hydratace jednotlivých vzorků byly učiněny i na základě vyhodnocení elektronové rastrovací mikroskopie.

## Mikropórovitost

Mikropórovitost zatvrdlých cementových past byla vyjádřena měrným objemem mikropórů od 15 do 0,015  $\mu m$  (tab. IV) a distribucí mikropórů v uvedeném rozmezí, obr. 1, 2.

Maximum měrného objemu mikropórů vykazovaly vzorky z cementů 0—10  $\mu m$ . Přestože objektivnost stanovení mikropórovitosti byla poznamenána různými hodnotami vodního součinitele, ze vzorků o zrnitostních rozmezech 0—20 až 0—63  $\mu m$ , jejichž hodnoty vodních součinitelů byly velmi blízké, byl naměřen nejnižší měrný objem mikropórů pro pasty z cementů střední granulometrie, tj. 0—40  $\mu m$ .

Z hlediska granulometrie se tedy vzorky z cementů jemnozrnných vyznačovaly vysokými hodnotami mikropórovitosti, podle Jambora [5] především následkem vysokého vodního součinitele. Nejnižší měrný objem mikropórů měly vzorky střední granulometrie. Mikropórovitost cementu hrubozrnného, 0—63  $\mu m$ , byla opět vyšší, v tomto případě z důvodu pozvolnějšího průběhu hydratačního procesu a menšího počtu kontaktních ploch mezi zrny.

Podle četnosti mikropórů vzorky z cementů 0—10  $\mu m$  obsahovaly podstatně více pórů větších průměrů než vzorky ostatní. Tuto okolnost je opět třeba přičíst vyšším hodnotám vodního součinitele. S dobou uložení docházelo u všech vzorků k posunu maxima pórovitosti do oblasti mikropórů menších průměrů.

## Fyzikálně mechanické vlastnosti

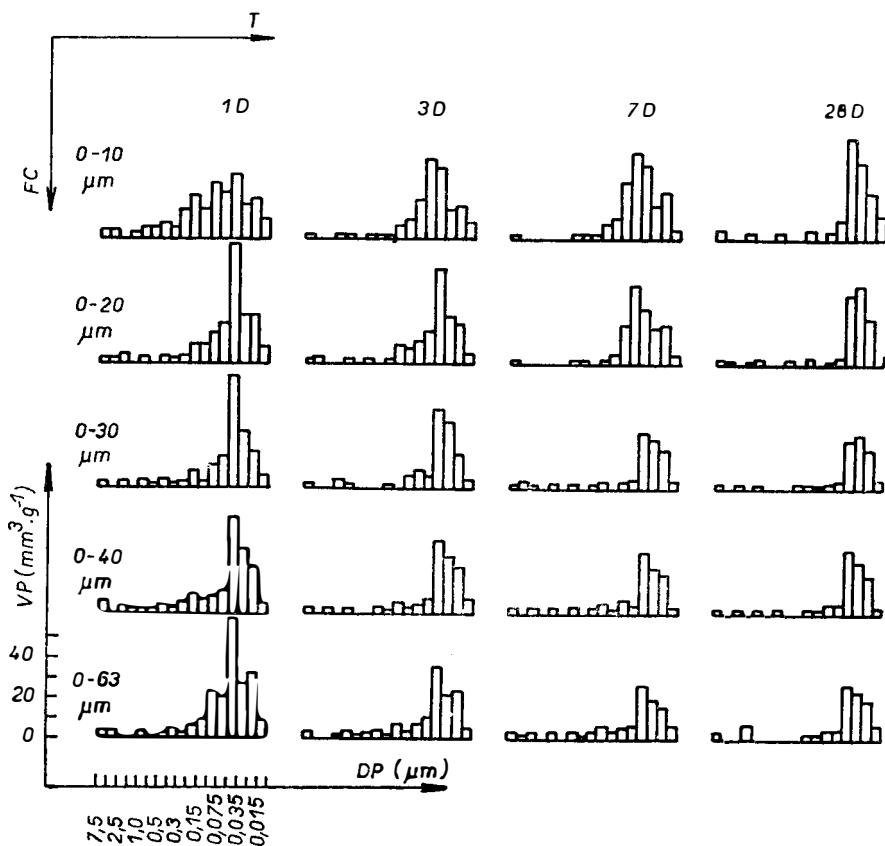
### Pevnost v ohybu

Posuzováno podle granulometrického složení cementů, většinou nejpříznivější hodnoty pevnosti v ohybu poskytly vzorky z cementů 0—30 a 0—40  $\mu m$  (tab. V). Pevnosti vzorků se zrnitostním intervalem 0—10  $\mu m$  byly ovlivněny vysokým vodním součinitelem, a proto jejich nízké hodnoty nemohou být připisovány pouze vlivu granulometrického složení. Na druhé straně potřeba vysokého vodního

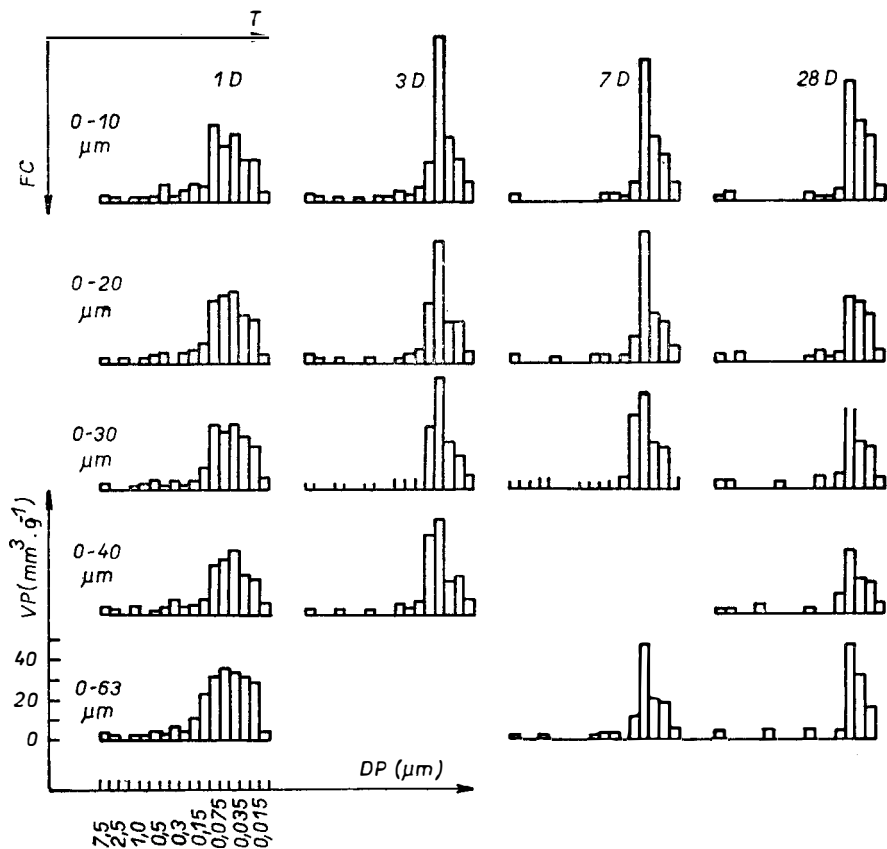
Tabulka IV

Měrný objem mikropórů od 15 do 0,015  $\mu\text{m}$  cementových past. série A, B

Doba uložení dny	Měrný objem mikropórů [ $\text{mm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ ]									
	0—10 [ $\mu\text{m}$ ]	0—20 [ $\mu\text{m}$ ]	0—30 [ $\mu\text{m}$ ]	0—40 [ $\mu\text{m}$ ]	0—63 [ $\mu\text{m}$ ]	0—10 [ $\mu\text{m}$ ]	0—20 [ $\mu\text{m}$ ]	0—30 [ $\mu\text{m}$ ]	0—40 [ $\mu\text{m}$ ]	0—63 [ $\mu\text{m}$ ]
	série A					série B				
1	206	188	157	170	175	200	176	155	152	170
3	203	147	144	122	—	170	143	123	111	122
7	156	126	129	—	106	155	137	106	104	107
28	148	96	91	81	94	131	123	94	86	88



Obr. 1. Histogramy četnosti mikropórů cementových past, série B:  
 FC — frakce cementu, T — doba uložení, VP — objem mikropórů,  
 DP — průměr mikropórů.



Obr. 2. Histogramy četnosti mikropórů cementových past, série A: FC — frakce cementu, T — doba uložení, VP — objem mikropórů, DP — průměr mikropórů.

Tabulka V

Pevnosti v ohybu cementových past, série A

Doba uložení dny	Pevnost v ohybu [MPa]				
	0—10 [μm]	0—20 [μm]	0—30 [μm]	0—40 [μm]	0—63 [μm]
1	4,6	4,3	4,7	5,5	6,4
3	4,1	5,3	7,9	7,9	7,8
7	7,0	7,7	9,0	8,0	7,9
28	10,3	11,4	9,7	10,1	8,2

součinitele pro přípravu cementových past z cementů vysoce jemnozrnných na normovou konzistenci a za normálních hydratačních podmínek způsobuje, že tyto pasty budou za těchto okolností poskytovat vždy horší výsledky. Nižší ohybové pevnosti daly též vzorky z cementu hrubozrnného 0–63  $\mu\text{m}$ , a to v důsledku vyšší mikropórovitosti, která byla způsobena vlivy výše popsány.

### Pevnost v tlaku

Stejně jako u pevnosti v ohybu byly ve většině případů nejvyšší hodnoty pevnosti v tlaku zjištěny u vzorků z cementů 0–30 a 0–40  $\mu\text{m}$ . Obdobně nejnižší hodnoty tlakových pevností byly naměřeny u vzorků z cementu 0–10 a 0–63  $\mu\text{m}$  (tab. VI). Důvody nižších pevností vzorků z cementů jemnozrnného a hrubozrnného jsou obdobné jako u ohybových pevností.

Tabulka VI

Pevnosti v tlaku cementových past, série A, B

Doba uložení dny	Pevnost v tlaku [MPa]									
	Série A					Série B				
	0–10 [ $\mu\text{m}$ ]	0–20 [ $\mu\text{m}$ ]	0–30 [ $\mu\text{m}$ ]	0–40 [ $\mu\text{m}$ ]	0–63 [ $\mu\text{m}$ ]	0–10 [ $\mu\text{m}$ ]	0–20 [ $\mu\text{m}$ ]	0–30 [ $\mu\text{m}$ ]	0–40 [ $\mu\text{m}$ ]	0–63 [ $\mu\text{m}$ ]
1	12,0	14,5	16,0	18,0	16,0	7,5	12,5	14,5	12,2	10,5
3	24,4	30,5	32,0	33,0	23,0	10,5	14,5	13,0	14,0	9,5
7	29,0	40,5	41,5	42,0	30,1	16,8	21,0	23,1	22,1	23,0
28	46,0	40,5	53,0	52,0	51,5	33,1	38,6	36,8	38,6	36,8

U pevností v tlaku se projevily výrazně rozdíly mezi vzorky série A (slínek a sádrovec) a vzorky série B (vytřídněný cement), a to v absolutních hodnotách pevností. Vzorky série A pravidelně vykazovaly po všech dobách uložení i ve všech zrnitostních rozmezích vyšší hodnoty tlakových pevností než vzorky série B.

### DISKUSE

Při pokusech bylo použito různých hodnot vodního součinitele, jak je uvedeno výše. Jednotného vodního součinitele pro vzorky s různou granulometrií bylo možné docílit v zásadě dvěma způsoby:

— zavedením střední hodnoty vodního součinitele pro všechny vzorky. Tento postup by však vedl k podstatným rozdílům v konzistenci past;

— přidávkou vhodného plastifikátoru. Tímto by sice byl dodržen požadavek na konstantní hodnotu vodního součinitele i konzistenci, ale do soustavy cementových past by místo proměnné vodní součinitel byla vnesena jiná proměnná — koncentrace plastifikátoru.

Proto byly použity takové hodnoty vodních součinitelů, aby byla dodržena alespoň jednotná konzistence cementových past.

Za této okolnosti ovšem vysoký vodní součinitel u past z cementů 0–10 popř. i 0–20  $\mu\text{m}$  způsobil podstatné zhoršení všech sledovaných vlastností ve srovnání s ostatními vzorky. Tedy pro hydrataci za normálních podmínek cementy s touto velmi jemnou a ostře ohraničenou granulometrií nejsou přínosem.

Hodnoty vodních součinitelů ostatních vzorků byly přibližně stejné. Jelikož všechny ostatní parametry ovlivňující hydrataci byly konstantní, je možné vzájemné porovnání jejich vlastností z hlediska vlivu granulometrického složení. Ze srovnání vyplynulo, že nejprůznivější hodnoty poskytly cementy se středně jemnou granulometrií (0—30 a 0—40  $\mu\text{m}$ ), a to ve vlastnostech mikrostrukturálních i fyzikálně mechanických. Cementy hrubozrnné, 0—63  $\mu\text{m}$ , vzhledem k většímu podílu hrubých částic, a tím menšímu reakčnímu povrchu a menšímu počtu kontaktních ploch mezi zrny, dávají výsledky horší. Konkrétně u vzorků z cementu 0—63  $\mu\text{m}$  se zvětšila mikropórovitost a poklesly pevnosti.

## ZÁVĚR

Změnou granulometrie cementů ve prospěch jemných částic lze zlepšit vlastnosti vzniklého cementového kamene. Avšak tato závislost platí jen po určitou hranici rozpojavání částic cementu, která podle provedených zkoušek odpovídá cementu 0—30  $\mu\text{m}$ .

Použití cementů jemněji mletých, než odpovídá této hranici, se nejeví efektivním, neboť k jejich zpracování je nutno použít většího množství záměsové vody, popř. jiných doplňujících technologických zásahů, což může nepříznivě ovlivnit vlastnosti cementového kamene, anebo zvýšit energetickou náročnost, resp. pracnost zpracování cementu.

## Literatura

- [1] Škvára F.: *Stavivo* 59, 492 (1981).
- [2] Škvára F., Zbuzek B.: *Silikáty* 215, 27 (1983).
- [3] Knudsen T.: *Modelling hydration of Portland Cement. The Effect of particle size distribution.* Institut of Mineral Industry Danish Technical University, DK-2800 Lyngby (1982).
- [4] Verinskij J.: *Vliv granulometrického složení cementu na jeho vlastnosti.* Institut průmyslu pojivých stavebních hmot, Opolo.
- [5] Jambor J.: *Staveb. Čas.* 33, 9 (1985).

## ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИИ ЦЕМЕНТА НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНЫХ ПАСТ

Марцела Данькова, Олдржих Гоффманн\*), Карел Черны

*Политехнический институт Брно, 66238 Брно*

*\*) Научно-исследовательский институт строительных материалов Брно  
61700 Брно*

Авторами исследуются свойства цементных паст, приготовленных из цементов одинакового минералогического состава, однако отличающихся различной гранулометрией.

Исследованию подвергались две серии образцов. Серия А была получена из клинкера Маломержице с добавкой 5 % гипса по весу клинкера, серия В из цемента РС 400 Маломержице. Цемент и клинкер разделили на образцы с заданным гранулометрическим составом, а именно: 0—10, 0—20, 0—30, 0—40 и 0—63  $\mu\text{m}$ . Гранулометрический состав приводится в табл. I, удельные поверхности образцов в табл. II. Из образцов обеих серий приготовили пасты одинаковой, стандартной консистенции при разных водо-вяжущих отношениях (табл. III). Из паст приготовили бруски размером 20 × 20 × 100 мм и поместили их в атмосферу с 95—100 % относительной влажности.

У цементных паст исследовали микроструктурные и физико-механические свойства после 1, 3, 7 и 28 дней гидратации.



С точки зрения фазового состава был у всех исследуемых образцов обеих серий установлен одинаковый минералогический состав: С—S—Н гель, остатки клинкерных минералов  $C_3S$  и  $\beta-C_2S$ , портландит, этtringит, моносulfат  $C_3A \cdot CaSO_4 \cdot 12 H_2O$  и карбонатный комплекс  $C_3A \cdot CaCO_3 \cdot 11 H_2O$ . Влияние granulometрии проявилось в количественном составе минералов. Чем большим размером зерна обладали исходные цементы, тем процесс гидратации протекал медленнее.

Микропористость исследовалась в интервале 15—0,015  $\mu m$ . Максимум микропор установили у паст из цементов 0—10  $\mu m$ . Наименьший удельный объем микропор был установлен у образцов из цемента 0—40  $\mu m$  у обеих серий (табл. IV, рис. 1, 2).

В большинстве случаев наиболее пригодные величины прочностей на изгиб встречались у образцов из цементов 0—30 и 0—40  $\mu m$  (табл. V). Наиболее низкие прочности на изгиб установили как из тонкозернистых цементов, 0—10 и 0—20  $\mu m$ , так и из грубозернистого цемента, 0—63  $\mu m$ .

Наибольшие величины прочностей при сжатии установили у образцов из цементов 0—30 и 0—40  $\mu m$  (табл. VI). Наиболее низкие величины прочностей при сжатии были установлены у образцов из цемента 0—10, 0—20 и 0—63  $\mu m$ . Понижение прочностей при сжатии образцов из тонкозернистых цементов объясняется высоким водовязущим отношением, более низкие величины прочностей при сжатии из грубозернистого цемента вызваны более медленной гидратацией в результате меньшей реакционной поверхности частиц цемента и меньшего количества контактных поверхностей между зернами.

Изменяя granulometriю цемента в пользу тонкозернистых частиц, можно улучшать свойства цементного камня. Однако приводимая зависимость действует только в определенных пределах разрушения частиц цемента, которую согласно проводимым испытаниям образуют цементы с granulometriей 0—30  $\mu m$ . Более тонко измельчаемые цементы оказываются неэффективными, так как на их использование оказывают влияние некоторые второстепенные явления (большее количество воды затворения, использование пластификаторов, вибрация и т. д.), которые или энергетически требовательны, или иногда могут оказывать неблагоприятное влияние на свойства застывшего цементного камня.

*Рис. 1. Гистограммы почтенности микропор цементных паст, серия В: FC — фракция цемента, T — время укладки, VP — объем микропор, DP — параметр микропор.*

*Рис. 2. Гистограммы почтенности микропор цементных паст, серия А: FC — фракция цемента, T — время укладки, VP — объем микропор, DP — параметр микропор.*

## EFFECT OF CEMENT GRANULOMETRY ON THE PROPERTIES OF CEMENT PASTES

Marcela Daňková, Oldřich Hoffmann\*), Karel Černý

*Technical University, 662 38 Brno*

*\*)Research Institute of Building Materials, 617 00 Brno*

The study is aimed at investigating the properties of cement pastes prepared from cements of identical mineralogical composition but with different granulometries. Two series of samples were tested. Series A was derived from Maloměřice clinker with an addition of 5 wt. % gypsum, series B from Portland cement PC 400 Maloměřice. Both the cement and the clinker were classified into samples of set grain size composition, namely 0—10, 0—20, 0—30, 0—40 and 0—63  $\mu m$ . The granulometry of the samples is given in Table I, and the specific surface areas are listed in Table II. Pastes of standard consistency at various cement to water ratios were prepared from the samples of both series (Table III). Test specimens 20 × 20 × 100 mm in size were made from the pastes and placed in a medium of 95—100 % relative humidity. The cement pastes were subjected to microstructural and physicomchanical tests after 1, 3, 7 and 28 days of hydration.

With respect to phase composition, all the test specimens of both series exhibited the same mineralogical composition: C—S—H gel, residual clinker minerals  $C_3S$  and  $\beta-C_2S$ , portlandite, ettringite,  $C_3A \cdot CaSO_4 \cdot 12 H_2O$  monosulfate and the  $C_3A \cdot CaCO_3 \cdot 11 H_2O$  carbonate complex compound. The granulometry affected the quantitative representation of the minerals. The coarser the initial cements, the slower was the hydration process.

The microporosity was investigated over the interval of 15 to 0.015  $\mu\text{m}$ . The maximum amount of micropores was found in pastes of the 0–10  $\mu\text{m}$  cements. The lowest specific volume of micropores was exhibited by pastes of 0–40  $\mu\text{m}$  cements in both series (Table IV, Figs. 1, 2). The prevalingly most favourable bending strength values were provided by specimens of the 0–30 and 0–40  $\mu\text{m}$  cements (Table V). Lower were the bending strengths of specimens of fine-grained cements (0–10 and 0–20  $\mu\text{m}$ ), as well as those of coarse-grained cement (0–63  $\mu\text{m}$ ).

The highest compressive strengths were those of the 0–30 and 0–40  $\mu\text{m}$  cement specimens (Table VI); the compressive strengths of the 0–10, 0–20 and 0–63  $\mu\text{m}$  specimens were lower. The lower compressive strength of fine-grained cement specimens can be attributed to a high water to cement ratio, the lower compressive strengths of the coarse-grained cement ones to slower hydration resulting from a smaller reaction area of the cement particles and a smaller number of points of contact between the grains. The properties of cement stone can be improved by changing the granulometry of cement in favour of fine particles. However, this dependence holds up to a certain boundary of cement fineness, 0–30  $\mu\text{m}$  according to the results obtained. More finely ground cements appear to be ineffective as their application is influenced by some subsidiary phenomena (larger amounts of mix water, use of plasticizers, vibration, etc.) which are either demanding with respect to energy consumption or may even impair the properties of hardened cement stone.

Fig. 1. Frequency histograms of micropores in cement pastes, series B, FC — cement fraction, T — time of storing, VP — volume of micropores, DP — diameter of micropores.

Fig. 2. Frequency histograms of micropores in cement pastes, series A: FC — cement fraction, T — time of storage, VP — volume micropores, DP — diameter of micropores.

---

2th INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE USE OF FLY ASH, SILICA FUME, SLAG AND NATURAL POZZOLANAS IN CONCRETE se konala ve dnech 21. až 25. dubna 1985 v Madridu. Tato konference navázala na první konferenci na stejné téma, která se konala v Ottawě. Jednání konference bylo rozděleno do 31 zasedání (včetně dvou plenárním). V plenárních zasedání byly předneseny přehledné referáty o trvanlivosti směsných cementů (H. Roper, G. A. Kirkby, Austrálie), o vlastnostech betonů obsahující úlet  $\text{SiO}_2$  (P. Jähren, Norsko) a o vlivu popílku na některé fyzikální vlastnosti betonů (S. H. Gebler, P. Klier, USA). Jednotlivé sekce této konference se zabývaly tématy:

- charakteristika popílků
- vliv popílků na mechanické vlastnosti betonů
- vliv popílků na hydrataci cementu při hydrotermálních podmínkách
- vliv vysokého podílu popílků na vlastnosti betonů
- problematika vysocevápenatých popílků
- karbonizační pochody v betonech obsahující popílek
- vliv popílku na alkalické rozpínání betonů
- vliv popílku na korozní odolnost betonů
- standardizace minerálních přísad do betonů a cementů
- technologické zkušenosti z použití směsných cementů (s popílkem)
- vliv přísady úletu  $\text{SiO}_2$  na mechanické vlastnosti betonů a jejich korozní odolnost
- základní výzkum v oblasti vlivu vysocejemného  $\text{SiO}_2$  na hydrataci cementů
- technologické zkušenosti s použitím úletů  $\text{SiO}_2$  do cementů nebo betonů
- vliv přísady strusky na mechanické vlastnosti a korozní odolnost betonů.

Součástí konference byly i specializované semináře:

- výhody z použití popílků v betonech
- určování obsahu skloviny v popílcích a struskách
- strusky z barevné metalurgie

Součástí programu bylo také zasedání výboru RILEM na téma použití popílků ve stavebnictví, vývoj zkušebních metod při použití chemických přísad v betonech a aplikace přísad v betonech.

(Materiály přípravného výboru konference)

Škvára