

Krátké původní sdělení

ROZDĚLENÍ VELIKOSTÍ ČÁSTIC V CEMENTÁŘSKÝCH SUROVINOVÝCH MOUČKÁCH

MILAN HLOŽEK, FRANTIŠEK POSPÍŠIL

Výzkumný ústav stavebních hmot, Hněvkovského 65, 617 00 Brno-Komárov

Došlo 16. 9. 1981

Bylo určováno rozdělení velikostí částic cementářských surovinových mouček a jejich sialitických komponent. Výsledky měření prokázaly výrazné rozdíly zrnitosti sialitických složek ve studovaných surovinových moučkách, jejichž zrnitosti jsou vzájemně jen málo odlišné. Měření byla provedena elektroodvodivostní metodou, přístrojem Coulter Counter.

ÚVOD

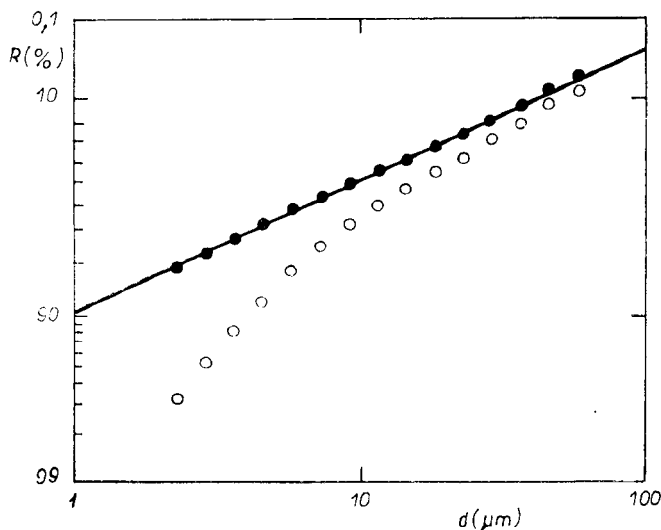
Cementářské surovinové moučky, připravované společným mletím výchozích surovinových složek, představují mineralogicky polykomponentní, polydisperzní systémy. Jejich hodnocení vyžaduje stanovení souboru fyzikálně chemických vlastností, které podmiňují vznik požadované mikrostruktury slínku portlandského cementu a současně ovlivňují průběh procesů při jejím vytváření [1]. Základním předpokladem pro dosažení požadovaného fázového složení slínku je odpovídající chemické složení surovinové moučky. Průběh fyzikálně chemických procesů při tepelném zpracování, mikrostruktura a vlastnosti vzniklého slínku závisí rovněž na dalších vlastnostech surovinové moučky, především na mineralogickém složení a rozdělení velikostí částic jednotlivých komponent, které podmiňuje též homogenitu připravené surovinové moučky [2—8]. V současné době je praktické hodnocení cementářských surovinových mouček prováděno převážně pouze na základě výsledku stanovení chemického složení a jemnosti mletí surovinové směsi. Takové hodnocení není zcela jednoznačné, neboť nepostihuje vliv mineralogického složení a zrnitosti hlavních mineralogických složek v připravované surovinové moučce. Uvedený stav je příčinou zavádění různých zkušebních metod, které nedostatek objektivního stanovení základních vlastností surovinové moučky nahrazují stanovením některých jejich vlastností, projevujících se v průběhu tepelného zpracování nebo teprve u vypáleného slínku [9—12].

Nověji je proto oprávněně navrhováno hodnocení, které vychází ze stanovení chemického složení a množství hrubozrnných podílů, zejména křemene a vápence, jejichž zastoupením v surovinové moučce je ovlivněno množství volného CaO ve vypáleném slínku [5, 6]. Stanovení množství hrubozrnných podílů vápence a sialitických složek v cementářských surovinových moučkách je dosud obvykle prováděno síťovým rozbořem původní moučky a jejího zbytku po rozkladu karbonátů ve zředěné kyselině. Tento poměrně pracný a časově náročný postup byl nahrazen měřením prováděným elektroodvodivostní metodou, aplikací přístroje Coulter Counter.

EXPERIMENTÁLNÍ POSTUP A VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Rozdělení velikostí částic byla měřena u vzorků cementářských surovinových mouček, jednorázově odebraných v cementárnách Králův Dvůr, Mokrá, Lochkov, Čížkovice a Horné Srnie. Mineralogické složení těchto mouček bylo určeno pouze kvalitativně rentgenovou difrakční analýzou. Vedle kalcitu bylo ve všech moučkách identifikováno zastoupení křemene a malých množství živců a jílových minerálů.

Před vlastním měřením rozdělení velikostí částic byl vzorek původní surovinové moučky vždy nejprve dispergován ve vodném elektrolytu pomocí ultrazvukové

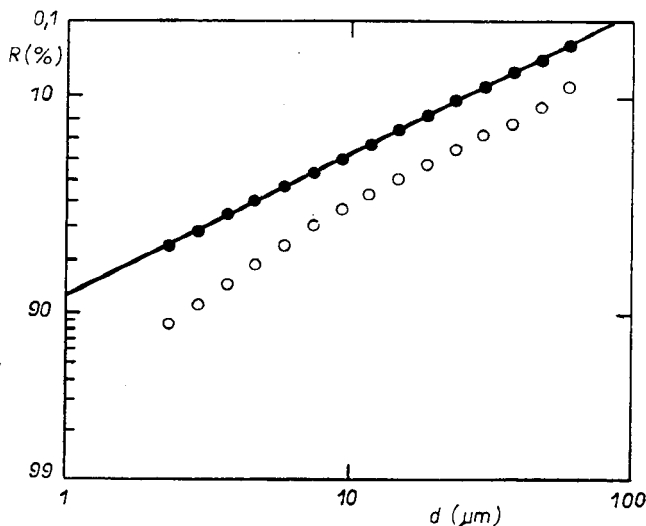


Obr. 1. Rozdělení velikostí částic původní surovinové moučky z cementárny Mokrá (o) a jejich sialitických komponent (•), zobrazené v diagramu zrnitosti dle Rosina—Rammlera—Bennetta.

lázně. K měření bylo použito přístroje Coulter Counter (model TA II) s měřicí trubicí s otvorem o průměru $140 \mu\text{m}$. Po provedeném stanovení zrnitosti původního vzorku byla hodnota pH měřené suspenze upravena tak, aby bylo dosaženo rozkladu karbonátového podílu. Měření zrnitosti v kyselém prostředí nerozloženého zbytku, označovaného jako sialitický podíl a tvořeného převážně částicemi křemene vedle živců a jílových minerálů, bylo prováděno při změněné kalibraci přístroje, odpovídající příslušné hodnotě elektrické vodivosti elektrolytu, a to v těchže intervalech velikostí částic, jako při měření původního vzorku.

Výsledky měření zrnitosti surovinových mouček i jejich sialitických komponent byly korigovány extrapolací, zohledňující množství při vlastním měření nestanovených jemnozrných částic o ekvivalentním průměru menším než $2 \mu\text{m}$. U původních surovinových mouček bylo množství nestanoveného jemnozrného podílu, určeného extrapolací, ovlivněno zrnitostí měřené suroviny a činilo 2—15 % hm. Po provedené extrapolaci byly získané výsledky graficky znázorněny v diagramech podle Rosina—Rammlera a Bennetta. Nalezené rozdělení velikostí částic původních surovinových mouček v těchto diagramech představuje závislost sestávající ze dvou lineárních úseků. Úsek zobrazující zrnitost jemnozrných podílů, do

ekvivalentního průměru částic cca $10 \mu\text{m}$, vykazoval vždy strmější průběh zejména patrný v případě surovinových mouček cementáren Mokrá a Králův Dvůr. Oproti tomu závislosti získané zobrazením zrnitostního složení sialitických složek byly ve všech případech v dané souřadnicové síti v celém rozsahu lineární (obr. 1, 2). Jejich zrnitost lze proto vyjádřit pomocí parametrů charakterizujících



Obr. 2. Rozdělení velikostí částic původní surovinové moučky z cementárny Čížkovice (○) a jejich sialitických komponent (●), zobrazené v diagramu zrnitosti dle Rosina—Rammlera—Benneta.

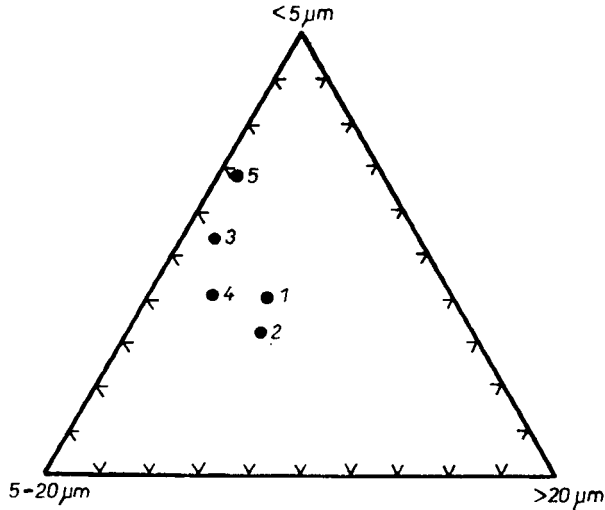
Tabulka I

Parametry charakterizující rozdělení velikostí částic sialitických komponent surovinových mouček

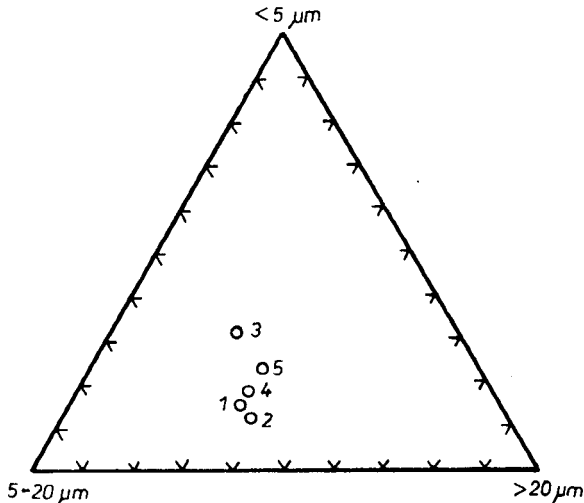
Surovinová moučka	$x_{R=36,8\%}$ (μm)	n	Velikost max. zrna (μm)
Králův Dvůr	12,6	0,703	197,2
Mokrá	15,1	0,811	163,3
Lochkov	6,3	0,814	68,1
Čížkovice	9,7	0,873	89,1
Horné Srnie	4,0	0,739	54,3

uvažovaný typ rozdělení velikostí částic, a to střední velikostí zrna ($x_{R=36,8\%}$) a exponentem zrnitosti (n). Nalezené hodnoty těchto parametrů i vypočtená hodnota hypotetického maximálního zrna jsou uvedeny v tabulce I a poukazují na rozdílnou zrnitost sialitických komponent v hodnocených surovinových moučkách.

Přehledné zobrazení zrnitostního složení surovinových mouček i jejich sialitických komponent je možné provádět v rovnostranném trojúhelníkovém diagramu



Obr. 3. Zrnitostní složení sialitických komponent surovinových mouček zobrazené v trojúhelníkovém diagramu; 1 — Králův Dvůr, 2 — Mokrý, 3 — Lochkov, 4 — Čížkovice, 5 — Horné Srní.



Obr. 4. Zrnitostní složení původních surovinových mouček zobrazené v trojúhelníkovém diagramu; 1 — Králův Dvůr, 2 — Mokrý, 3 — Lochkov, 4 — Čížkovice, 5 — Horné Srní.

s vrcholy odpovídajícími stoprocentnímu zastoupení zvolených, vzájemně navazujících zrnitostních frakcí. Z diagramu na obr. 3 jsou patrné výrazné rozdíly zrnitosti sialitických komponent jednotlivých surovinových mouček. Podstatně menší rozdíly zrnitosti vykazují výsledky měření provedených u původních surovinových mouček, které jsou mlety vždy na určitou, z provozního hlediska dané cementárny optimální jemnost (obr. 4).

Výsledek stanovení rozdělení velikostí částic sialitických komponent souhrnně postihuje zrnitost křemene, živců, jílových minerálů a dalších složek, včetně v kyselině nerozpustných příměsí, obsažených v zrnech vápence. Pouze ve výjimečných případech, kdy k přípravě surovinové směsi byl použit vápence neobsahující v kyselině nerozpustné příměsí, je možné na podkladě výsledků stanovení zrnitosti surovinové moučky a zrnitosti jejich sialitických komponent určovat při známém zastoupení vápence jeho zrnitost. V rovnostranném trojúhelníkovém diagramu lze toto orientační stanovení zrnitosti vápence provádět grafickou metodou. V ostatních případech výpočtem získané hodnoty zrnitosti v kyselině rozložených karbonátových zrn neodpovídají skutečnosti, a to zejména v těch případech, kdy k přípravě surovinové moučky byly použity vápence s větším obsahem příměsí. Skutečná zrnitost karbonátové složky je vždy blízká zrnitosti surovinové moučky.

Studium zrnitostní skladby cementářských surovinových mouček a jejich sialitických komponent prokazuje, že použití nových metod pro stanovení zrnitostního složení, v daném případě elektrovodivostní metoda, umožňuje rychlé určení parametrů surovinové moučky, které až dosud byly obtížně experimentálně dostupné. Vzhledem ke známému vlivu distribuce velikostí částic hlavních mineralogických komponent cementářských surovinových mouček na kinetiku reakcí při výpalu slínku portlandského cementu i na jeho mikrostrukturu lze považovat stanovení zrnitosti sialitických komponent v surovinových moučkách za významné i z hlediska technologie, zejména při řízení skladby výchozí surovinové směsi.

Literatura

- [1] Lach V., Rosová M.: *Stavivo* 55, 125 (1977).
- [2] Jirku E.: *Stavivo* 23, 451 (1947).
- [3] Zalama J. L. C.: *Cemento Hormigon* 44, 469, 295 (1973).
- [4] Rauschenfels E.: *Zement-Kalk-Gips* 29, 78 (1976).
- [5] Petersen I. F., Johansen V.: *Cement and Concrete Research* 9, 631 (1979).
- [6] Fundal E.: *Cement-Wapno-Gips* 1, 16 (1981).
- [7] Gouda G. R.: *World Cement Technology* 10, November, 337 (1979).
- [8] Humpola H.: *Stavivo* 59, 29 (1981).
- [9] Kurka F.: *Stavivo* 47, 2 (1969).
- [10] Bláha J.: *Stavivo* 48, 300 (1970).
- [11] Hladíková J.: *Stavivo* 53, 10 (1975).
- [12] Kieser J., Krähner A., Gathemann B.: *Zement-Kalk-Gips* 32, 442 (1979).

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ В ЦЕМЕНТНЫХ СЫРЬЕВЫХ МУКАХ

Милан Гложек, Франтишек Поспишил

*Научно-исследовательский институт строительных материалов,
617 00 Брно-Комаров*

На основании измерения с помощью метода электропроводности посредством прибора Coulter-Counter определяли распределение размера частиц цементных сырьевых мук и их сialитических компонентов, нерастворимых в кислой среде. Измерения проводили после диспергирования частиц сырьевой муки в водном электролите посредством трубки с отверстием диаметром 140 мкм. После определения гранулометрического состава исходной сырьевой муки величину рН измеряемой суспензии обрабатывали таким образом, чтобы получалось разложение частиц, образованных карбонатами. Измерение гранулометрического состава доли, неразложившейся в кислой среде,

проводили при изменившейся калибрации прибора, отвечающей соответствующей величине электропроводности окисленного электролита. Количество тонкозернистых частиц эквивалентным диаметром менее 2 μm , неустановленных при измерении, определяли экстраполяцией. Полученные результаты графически обработали в виде диаграмм согласно Росину-Раммлеру и Беннетту (рис. 1, 2) и чтобы результаты, полученные при измерении гранулометрического состава пяти сырьевых муек и их силитических компонентов, оказывались наглядными, использовали правильные треугольные диаграммы (рис. 3, 4). Результаты измерения показывают важность значения определять распределение размера частиц силитических компонентов, гранулометрический состав которых в сырьевых муках из разных цементных заводов значительно различен в результате различного минералогического состава и петрографической структуры исходных сырьевых компонентов.

Рис. 1. Распределение размера частиц исходной сырьевой муки из цементного завода Мокра (○) и их силитических компонентов (●), изображенное в диаграмме гранулометрического состава согласно Росину—Раммлеру—Беннетту.

Рис. 2. Распределение размера частиц исходной сырьевой муки из цементного завода Чижковице (○) и их силитических компонентов (●), изображенное в диаграмме гранулометрического состава согласно Росину—Раммлеру—Беннетту.

Рис. 3. Гранулометрический состав силитических компонентов сырьевых муек, изображенный в треугольникоподобной диаграмме; 1 — цементный завод Кралув Девур, 2 — Мокра, 3 — Лохков, 4 — Чижковице, 5 — Горне Срние.

Рис. 4. Гранулометрический состав исходных сырьевых муек, изображенный в треугольникоподобной диаграмме; 1 — цементный завод Кралув Девур, 2 — Мокра, 3 — Лохков, 4 — Чижковице, 5 — Горне Срние.

PARTICLE SIZE DISTRIBUTION IN POWDERED CEMENT RAW MATERIALS

Milan Hložek, František Pospíšil

Research Institute of Building Materials, 617 00 Brno-Komárov

The electroconductivity method based on the Coulter-Counter instrument was used for determining the particle size distribution of powdered cement raw materials and of their silitic components which are insoluble in acid media. The measurements were performed after dispersing the raw material particles in an aqueous electrolyte by the measuring tube provided with an orifice 140 μm in diameter. Having determined the granulometry of the original powdered raw material, the pH of the suspension was adjusted so as to achieve decomposition of carbonate particles. The grain size distribution of the proportion undissolved in the acidic medium was performed after readjusting the calibration to correspond to the respective electrical conductivity of the acidified electrolyte. The amount of fine-grained particles with equivalent diameters smaller than 2 μm , which had not been measured directly, was determined by extrapolation. The results obtained were plotted in diagrams after Rosin-Rammler and Bennett (Figs. 1, 2) and to make the results obtained in the measurement of five raw-material powders more comprehensive use was made of equilateral triangular diagrams (Figs. 3, 4). The results demonstrate the significance of the particle size distribution of the silitic components, which shows substantial differences in powdered raw materials from various cement works as a result of differences in mineralogical composition and petrographic structure of the initial raw-material components.

Fig. 1. Particle size distribution of the original raw-material powder from the Mokr cement works (o) and of its silitic components (●), plotted in a granulometric diagram after Rosin—Rammler—Bennett.

Fig. 2. Particle size distribution of the original raw-material powder from the izkovice cement works (o) and of its silitic components (●), plotted in a granulometric diagram after Rosin—Rammler—Bennett.

Fig. 3. Grain size distribution of silitic components in raw-material powders plotted in the triangular diagram; 1 — Krluv Dvr, 2 — Mokr, 3 — Lochkov, 4 — izkovice, 5 — Horn Srnie.

Fig. 4. Grain size distribution of the original raw-material powders plotted in the triangular diagram; 1 — Krluv Dvr, 2 — Mokr, 3 — Lochkov, 4 — izkovice, 5 — Horn Srnie.