

VPLYV $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ A NaNO_3 NA HYDRATÁCIU CEMENTU PRI TEPLOTE -10°C

ŠTEFAN SLANIČKA, IVAN JANOTKA, DANA FRĀALOVÁ, LADISLAV ŠTEVULA*)

Výskumný ústav inžinierskych stavieb, Lamačská 8, 815 37 Bratislava

*) *Ústav anorganického chémie CCHV Slovenskej akadémie vied, Dúbravská cesta 5, 842 36 Bratislava*

Došlo 20. 11. 1987

V cementových kašiach bez prísad prebieha pri záporných teplotách tvrdnutia hydratácia, cementu len veľmi pomaly. Po 28 dňoch hydratácie pri teplote -10°C kaše bez prísad ešte nevytvárajú pevnú štruktúru. Urýchlenie hydratácie cementu pri záporných teplotách sa dosiahne pridaním niektorých rozpustných solí. Prísada 2 hmotn. % mravčanu vápenatého a 2 hmotn. % dusičnanu sodného zvyšuje pri tejto teplote stupeň konverzie slinkových minerálov na hydratačné produkty a tak urýchľuje vytváranie štruktúry zatvrdnutej cementovej kaše.

ÚVOD

Jeden z možných spôsobov riešenia problematiky betonárskych prác a zmonolitňovania betónových konštrukcií v zimnom období je použitie protizmrazovacích prísad, ktoré majú zabezpečiť a urýchliť hydratáciu portlandského cementu pri záporných teplotách [1, 2, 3, 4].

Pri našom výskume [6, 7] sa dosiahli najlepšie technologické výsledky s prísadou, pozostávajúcou z 2 hmotn. % mravčanu vápenatého a 2 hmotn. % dusičnanu sodného [5].

Zverejnené práce [5, 6, 7] uvádzajú okrem výsledkov sledovania vplyvu protizmrazovacích prísad na koróziu oceľovej výstuže [6] len výsledky technologického výskumu. Predkladaná práca ukazuje, ako uvedené látky a ich vzájomná kombinácia ovplyvňujú priebeh hydratácie cementu pri kladnej ($+20^\circ\text{C}$) i zápornej (-10°C) teplote.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Použité materiály

Na prípravu cementových kaší sa použili dva druhy cementu s chemickým zložením a vlastnosťami uvedenými v tabuľke I (viz str. 332). Okrem toho sa použil chemicky čistý mravčan vápenatý a dusičnan sodný.

Použitá metodika riešenia

Na skúšky sa pripravili nasledujúce kaše:

- porovnávací kaša bez prísad, $v/c = 0,4$
- kaša s 2 % mravčanu vápenatého
- kaša s 2 % dusičnanu sodného
- kaša s 2 % mravčanu vápenatého a 2 % dusičnanu sodného.

Tabuľka I

Zloženie a vlastnosti použitých cementov

Zložka	Obsah zložky v hmotn. %	
	PC I PC 400 Rohožník	PC II PC 400 Banská Bystrica
nerozp. zvyšok	1,84	1,24
SiO ₂	19,28	19,90
Al ₂ O ₃	6,91	7,02
Fe ₂ O ₃	3,72	3,15
CaO	60,98	61,63
MgO	1,69	1,98
SO ₃	2,53	2,77
Na ₂ O	0,31	0,15
K ₂ O	0,90	1,07
strata žiňaním	1,77	1,07
merná hmotnosť kg · m ⁻³	3 140	3 110
merný povrch m ² · kg ⁻¹	336	298
obsah C ₃ S	43,2	40,0
C ₃ A (Bogue)	12,0	13,3

Cementové kaše sa vyrábali pri bežných laboratórnych teplotách zo zložiek s teplotou cca 20–22 °C.

Z cementových kaší sa vyrobili skúšobné vzorky — kocky o hrane 30 mm, ktoré sa ošetrovali 7 a 28 dní pri teplote +20 °C a pri –10 °C v prostredí s relatívnou vlhkosťou vyše 95 %. Po skončení uvedeného ošetrovania sa skúšobné kocky z uloženia pri –10 °C ponechali 2 hodiny na vzduchu pri teplote 20 °C, aby rozmrzli a napokon sa stanovili ich pevnosti v tlaku.

Z ďalšej časti kaší sa po skončení uvedeného ošetrovania kociek a zastavení hydratácie (acetómom a éterom) zhotovili rtg. difrakčné záznamy a termické krivky, stanovila sa pórovitosť a merný povrch (adsorpciou dusíkom podľa BET) a zhotovili sa snímky riadkovacím elektrónovým mikroskopom.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Základné údaje o hydratácii kaší z cementu PC 400 Rohožník po dobu 28 dní pri teplote –10 °C sa uvádzajú v tabuľke II. Porovnávacia kaša bez prísad ešte nenadobudla dostatočne pevnú štruktúru, aby sa z nej dala vôbec merať pórovitosť. Aj ďalšie údaje poukazujú na veľmi nízky stupeň hydratácie. Prídavkom 2 % Ca(HCOO)₂ alebo 2 % NaNO₃ sa zvýši merný povrch kaší, množstvo viazanej vody,

ktorá sa odparí do 105°C a zvýši sa aj množstvo $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Najnižšia celková pórovitosť a najvyšší merný povrch sa dosiahol v kombinácii 2% $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ + 2% NaNO_3 .

Tabuľka II

Údaje o hydratácii kaší z cementu PC 400 Rohožník pri teplote -10°C . Doba hydratácie: 28 dní

Druh kaší	Úbytok hmotnosti v % pri teplote		Celková pórovitosť (%) ČSN 72 2449	Merný povrch podľa BET (m^2/g)
	105 °C do konšt. hmotnosti	550—570 °C v trvaní 30 min. [$\text{Ca}(\text{OH})_2$]		
porovnávacía	0,44	2,11	—*	2,18
s prídavkom 2% $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$	1,01	5,87	53,07	11,45
s prídavkom 2% NaNO_3	3,01	6,96	51,89	13,41
s prídavkom 2% $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ + 2% NaNO_3	2,59	7,63	48,78	21,02

Poznámka — *Celková pórovitosť sa u porovnávacjej kaše nedala stanoviť, keďže nedošlo k jej dostatočnému zatvrdnutiu.

Pevnosti a výsledky termickej analýzy kaší z cementu PC 400 Rohožník hydratujúcich po dobu 7 a 28 dní pri teplote -10°C a $+20^\circ\text{C}$ sa uvádzajú v ďalšej tabuľke III. Kaše so sledovanou kombináciou prísad majú pri teplote hydratácie

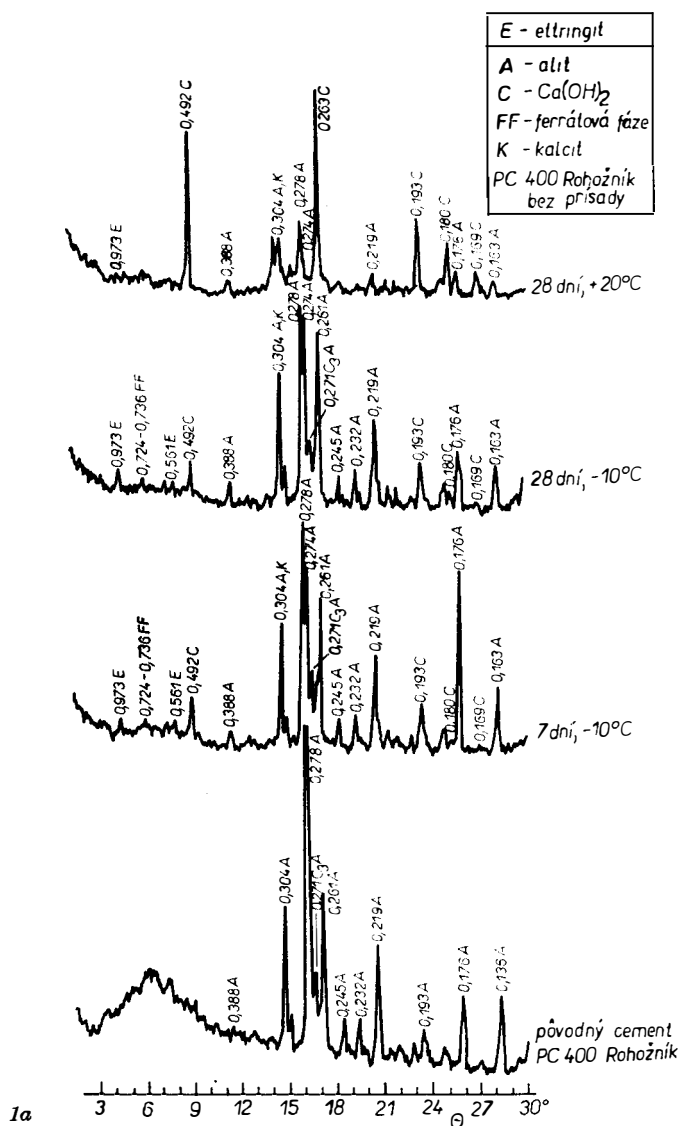
Tabuľka III

Pevnosti a výsledky termickej analýzy kaší z cementu PC 400 Rohožník hydratujúcich pri teplote -10°C a $+20^\circ\text{C}$

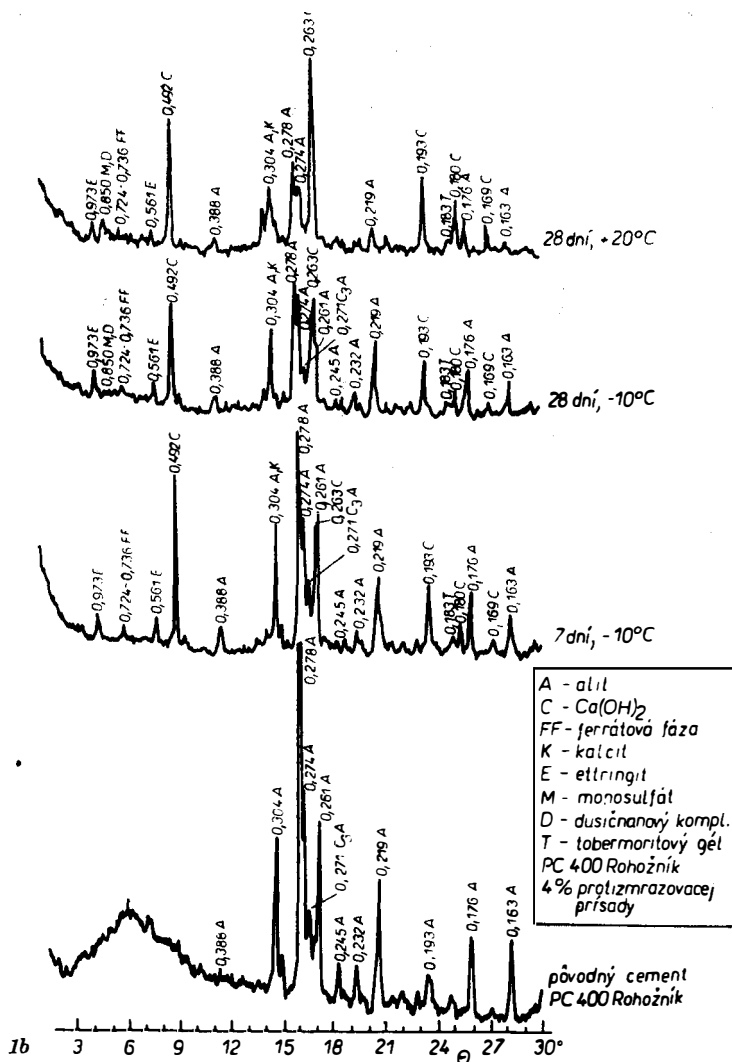
Druh kaše	Doba hydratácie v dňoch	Teplota -10°C			Teplota $+20^\circ\text{C}$		
		Pevnosť v tlaku MPa	Obsah v %		Pevnosť v tlaku MPa	Obsah v %	
			Viaz. H_2O	$\text{Ca}(\text{OH})_2$		Viaz. H_2O	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
Porovnávacía	7	0,0	4,2	5,1	26,8	—	—
	28	0,9	5,8	7,1	47,2	23,9	28,2
2% $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ + 2% NaNO_3	7	3,8	9,5	11,7	20,4	—	—
	28	8,2	15,0	17,1	38,6	20,2	27,1

+20 °C nižšie pevnosti. Pri teplote -10 °C však porovnávacia kaša má len minimálne, alebo žiadne pevnosti.

Kaše s kombináciou prísad nadobúdajú technicky využiteľné pevnosti v tlaku — po 28 dňoch sa namerali pevnosti 8,2 MPa. Pevnostiam kaší odpovedajú aj údaje z termickej analýzy.

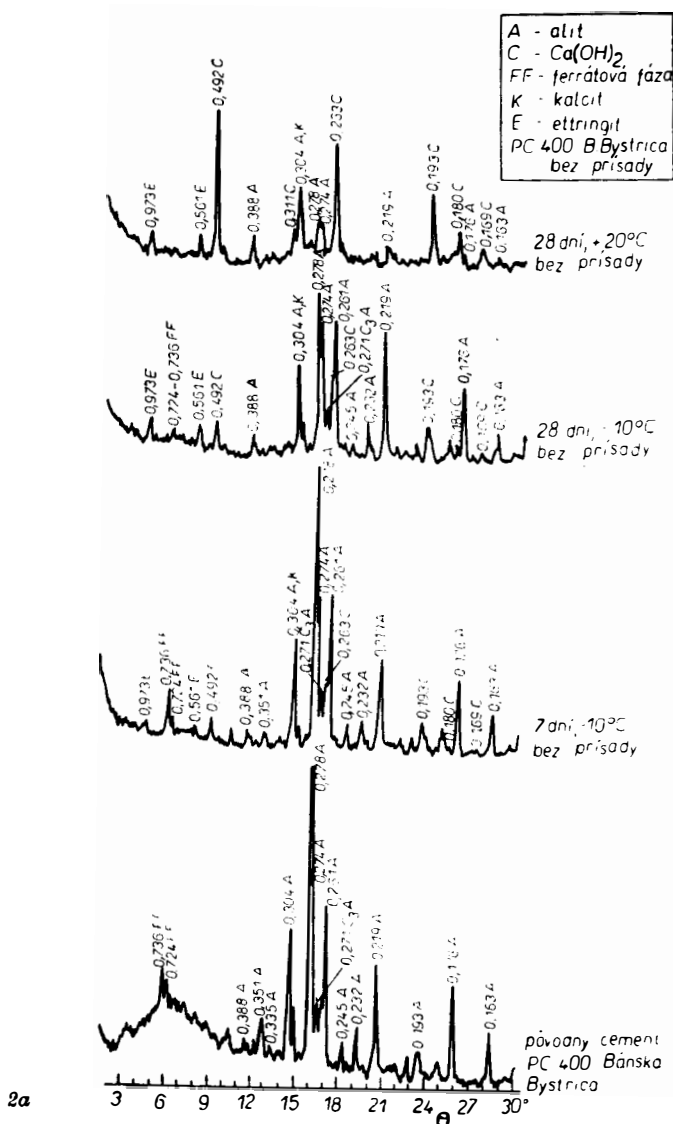


Obr. 1. RTG difrakčné záznamy kaší z cementu PC 400 Rohožník; a) porovnávacia kaša, b) kaša s prídavkom 2 % $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ + 2 % NaNO_3 .

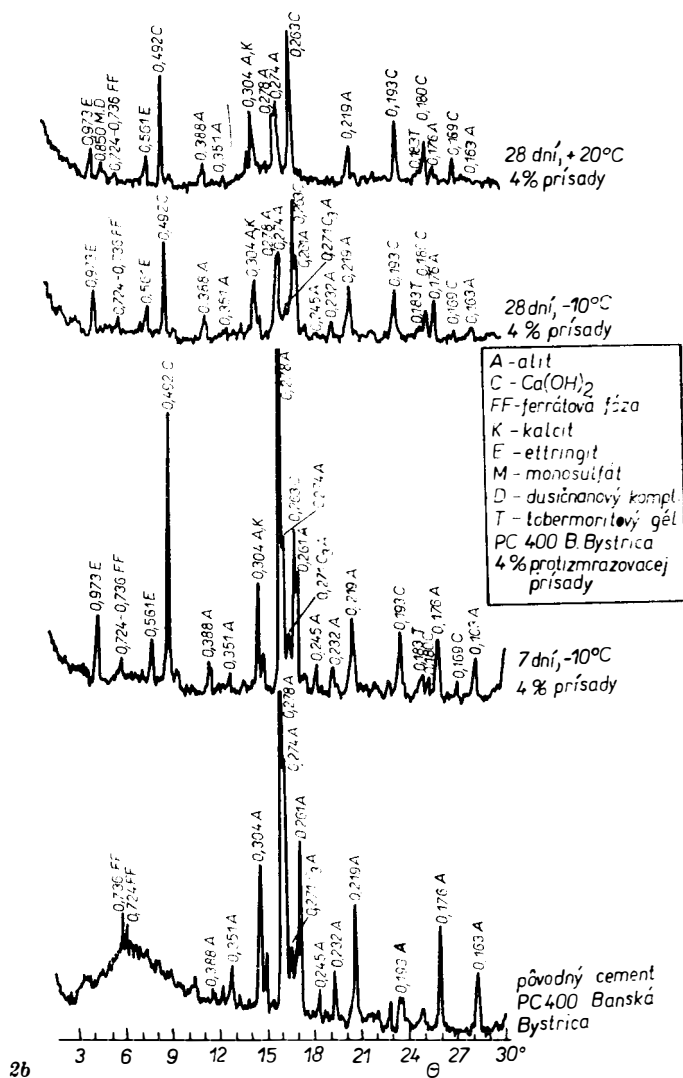


Pevnosti kaší z cementu PC 400 Banská Bystrica hydratujúcich za rovnakých podmienok sa uvádzajú v tabuľke IV. Relácie medzi jednotlivými pevnosťami sú analogické pevnostiam v tabuľke III, ich absolútne hodnoty sú však nižšie (po 28 dňoch pri -10°C mala kaša s kombináciou prísad pevnosť v tlaku len 4 MPa). Porovnanie údajov pevností v tabuľke III a IV ukazuje, že druh a aktivita cementu (vyjadrená napr. v pevnostiach zatvrdnutej cementovej kaše bez prísad po 28 dňoch tvrdnutia pri $+20^\circ\text{C}$) ovplyvňuje aj výsledky dosiahnuté s protizmrázovacími prísadami.

Rtg. fázová analýza kaší z PC 400 Rohožník sa uvádza na obr. 1. Porovnávacia kaša bez prísad (obr. 1a) má aj po 28 dňoch hydratácie pri teplote -10°C malý stupeň konverzie alitu z pôvodného cementu na hydratačné produkty, čo je vidieť najmä pri porovnaní s kašou hydratujúcou pri $+20^{\circ}\text{C}$.



Obr. 2. RTG difrakčné záznamy kaší z cementu PC 400 Banská Bystrica; a) porovnávacia kaša, kaša, b) kaša s prídavkom 2 % $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ + 2 % NaNO_3 .



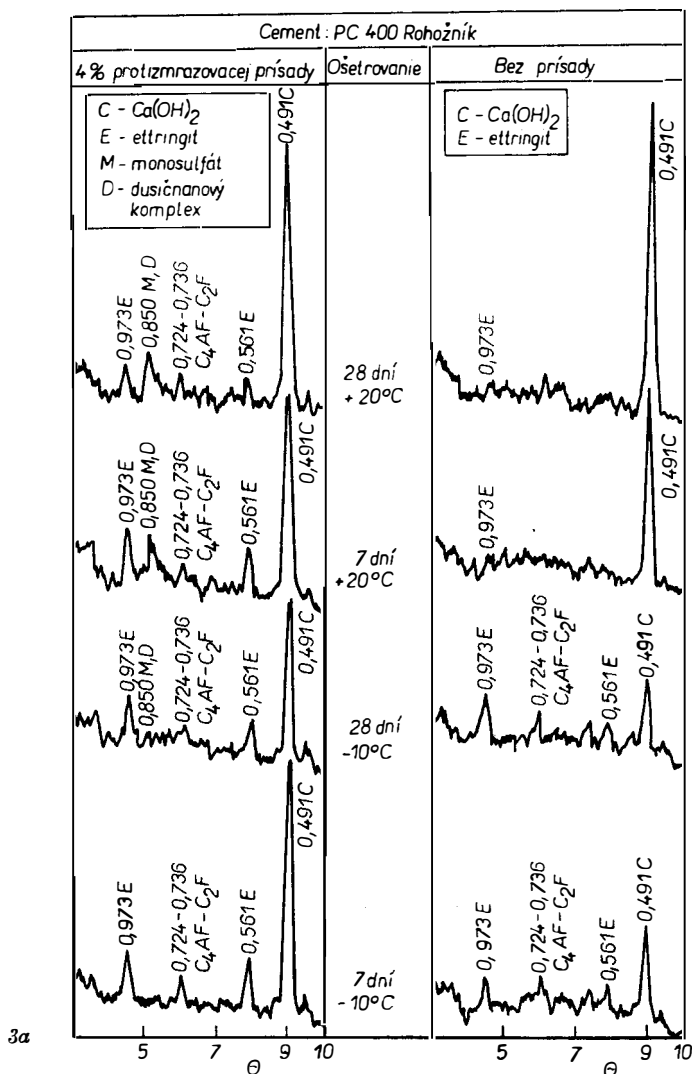
Tabuľka IV

Pevnosti kaší z cementu PC 400 Banská Bystrica, hydratujúcich pri teplote -10°C a $+20^\circ\text{C}$

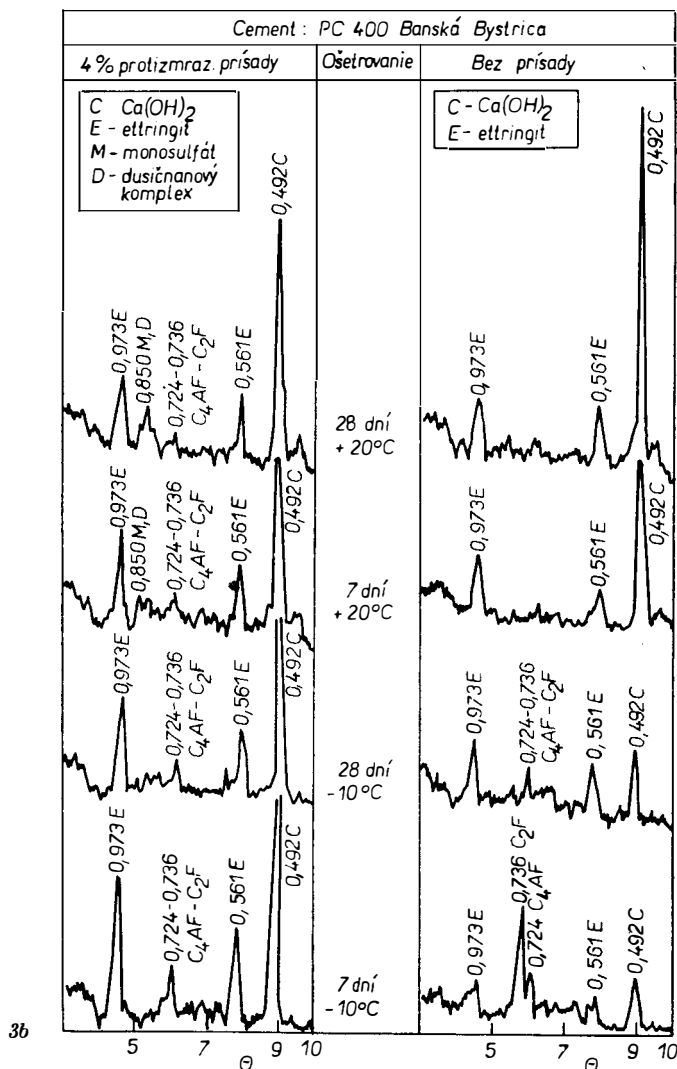
Druh kaše	Doba hydratácie v dňoch	Pevnosť v tlaku MPa	
		Pri -10°C	Pri $+20^\circ\text{C}$
Porovnávacía	7	0,0	28,8
	28	0,6	38,6
2% $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ + 2% NaNO_3	7	1,6	17,0
	28	4,0	28,8

Kaša so sledovanou kombináciou prísad (obr. 1b) má pri teplote -10°C vyšší stupeň konverzie daný nižším obsahom nezreagovaného alitu a vyšším podielom $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Okrem toho obsahuje aj malé množstvo dusičnanového komplexu zloženia $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ a ettringitu (obr. 3a).

Rtg. fázová analýza kaši z cementu PC 400 Banská Bystrica sa uvádza na ďalšom obrázku 2. Aj v tomto prípade sa prídavkom sledovanej kombinácie prísad zvýšil stupeň konverzie alitu na hydratačné produkty pri teplote hydratácie -10°C . Porovnaním intenzity difrakcií dusičnanového komplexu $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.



Obr. 3. Porovnanie intenzity difrakcií dusičnanového komplexu $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, ettringitu a $\text{Ca}(\text{OH})_2$.



. $10\text{H}_2\text{O}$, ettringitu a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ na rtg. difrakčných záznamoch oboch použitých cementov (obr. 3), ako aj pri porovnaní obsahu nezreagovaného alitu (obr. 1 a obr. 2) je však vidieť, že kaše z cementu PC 400 Rohožník majú vyšší stupeň konverzie, čo je v súlade s dosiahnutými pevnosťami (tab. II a tao. III).

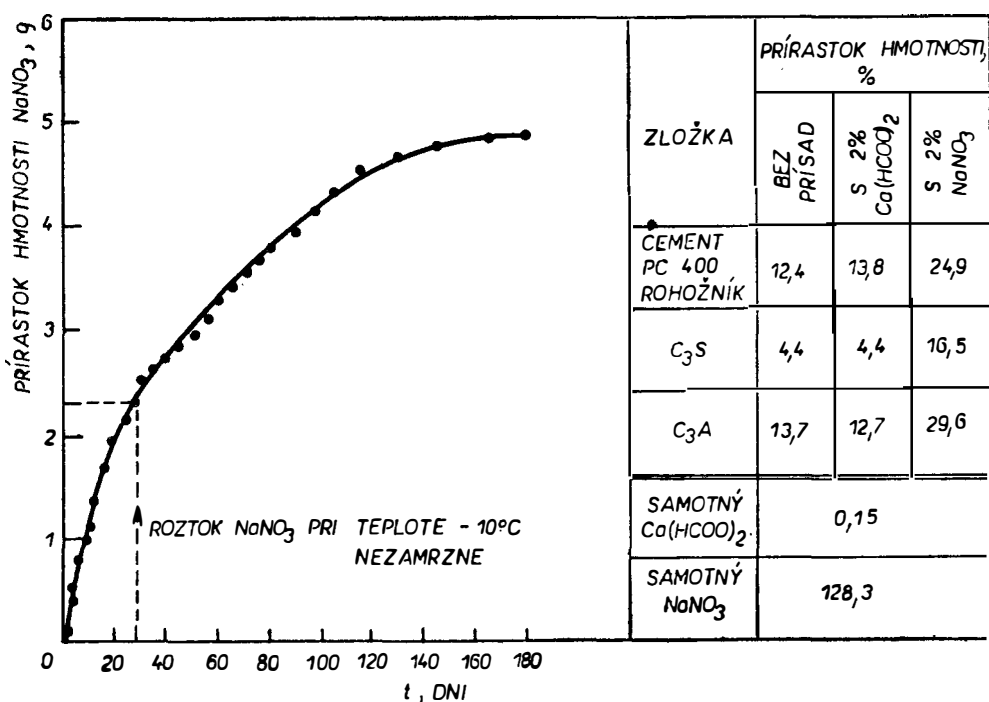
Snímky zhotovené riadkovacím elektrónovým mikroskopom kaší z PC 400 Rohožník hydratujúcich pri teplote -10°C po 7 dňoch sa uvádzajú na obr. 4, po 28 dňoch na obr. 5. Po 7 dňoch u porovnávacej kaše (obr. 4a) ešte nie sú badaateľné známky vytvárania štruktúry z hydratačných produktov, kým u kaše so sledovanou kombináciou prísad sú dobre viditeľné hexagonálne kryštály portlanditu (obr. 4b). Po 28 dňoch sa u porovnávacej kaše už objavuje portlandit (obr. 5a),

u kaší s 2 % mravčanu vápenatého a 2 % dusičnanu sodného je vidieť náznaky tvorby kalciumsilikáthydrátov (obr. 5b a obr 5c). Najzreteľnejšie vidieť CSH fázu v kaši so sledovanou kombináciou prísad (obr. 5d).

Celkove sú výsledky riadkovacej elektrónovej mikroskopie, termickej analýzy a rtg. fázovej analýzy, ako aj stanovenia merného povrchu v dobrom súlade. Vysvetľujú nárast pevností zatvrdnutých cementových kaší pri záporných teplotách tvrdnutia ako dôsledok urýchlenia hydratácie cementu a tým aj vytvárania pevnej štruktúry z kaší za prítomnosti sledovaných prísad.

Účinok sledovaných prísad sa však môže ovplyvňovať aj ďalšími faktormi:

- mravčan vápenatý je sám o sebe v zmesi s cementom, resp. slinkovými minerálmi málo hygroskopický (obr. 6)
- dusičnan sodný je silne hygroskopický (obr. 6), čo napomáha hydratácii.



Obr. 6. Prírastok hmotnosti pri 100% relatívnej vlhkosti a teplote 25 °C v závislosti od doby ošetrovania. V tabuľke sa uvádza prírastok hmotnosti skúšobných vzoriek po 28 dňoch uloženia pri 100% relatívnej vlhkosti a teplote 25 °C.

Hygroskopické vlastnosti dusičnanu sodného napomáhajú hydratácii cementu najmä v podmienkach nedostatku alebo žiadneho ošetrovania zálievkových mált pri praktickej aplikácii [7]. Roztoky prísad majú znížený bod zamrznutia (obr. 6). V priebehu hydratácie však dochádza k zmenám koncentrácie rozpustených prísad v dôsledku ich postupnej spotreby na tvorbu kryštalických novotvarov, pričom rýchlejšie sa spotrebúvajú anióny NO_3^- . V dôsledku rozpúšťania mravčanu vápenatého sa zvyšuje koncentrácia Ca^{2+} iónov v roztoku.

ЗАВЕР

Експериментальними пра́цями са потврдило, же цементовé ка́ше при температурі -10°C гидратують лeн непатрне. Присада 2 % NaNO_3 а 2 % $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ урýхфуе гидратáciu портландскéго цементу ај при тeјтo температурі. Найвiаc урýхфуе конверзиу слiнкoвých минeралoв на гидратачнé продукты а твoрбу затврднuteј цементoвeј ка́ше при температурі -10°C сýчаснé приданe oбох присад, чо vysветлyє пpичинy досiahнyтия тeхничкy вyжити́нých пeвнoстi ка́ш з присадами ај при зáпoрнých температурách тврднyтия. Конверзия слiнкoвých минeралoв а нáслeднe i пeвнoст затврднyтých цементoвých ка́ш з присадами je вyщшiа, ак са пoужитe цемент с вyщшoу гидравличкoу активитoу.

Литература

- [1] Mironov S. A.: *Теория и методы зимнего бетонирования*, Москва, Стройиздат 1975.
- [2] Mironov S. A.: *The VI International Congress on the Chemistry of Cement*. Supplementary paper II-2, str. 3—14, Москва 1974.
- [3] Mironov S. A.: *Збірник генерáльних реферáтoв а дискусiй на II. мeдзiнáроднoм sympathy RILEM o зимнeј бетонáжi в р. 1975*, str. 6—30. Москва, Стройиздат 1978.
- [4] Gončarova L. S., Ivanov F. M.: *Збірник з II. мeдзiнáроднeго sympathy RILEM o зимнeј бетонáжi в р. 1975*, str. 69—81. Москва, Стройиздат 1978.
- [5] Slanička Š., Sabolová J., Hanzová P.: *Аutorské osvedčenie č. 235 584*, 1983.
- [6] Slanička Š.: *Заливкoвé malty с protizmrazovacími присадами на змонolitиovanie монтoванých силiкатoвých констpукций в зимнých пoдмiенках. I. Зáкладнý вýбер присад с oглáдом на сýчаснý став пoзнаткoв o зимнých бетонáрских пpáчax. Pozemní stavby*, роč. 35, 1987 č. 10, str. 453 až 460.
- [7] Slanička Š., Uhrin M., Janotka I.: *Змонolitиovanie монтoванých силiкатoвých констpукций в зимнých пoдмiенках. II. Пpактичкé скýсенosti з вýробы а кoнтpолю зáливкoвých мáлт с protizmrazovacími присадами. Pozemní stavby*, роč. 36, 1988, č. 1, str. 14—18.

ВЛИЯНИЕ $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ И NaNO_3 НА ГИДРАТАЦИЮ ЦЕМЕНТА ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ -10°C

Штефан Сланичка, Иван Янотка, Дана Фртялова, Јадислав Штевула*

*Научно-исследовательский институт инженерных сооружений
Ламачка 8, 815 37 Братислава*

**Институт неорганической химии САН
Дубравска цеста, 842 36 Братислава*

Цeльoу экcпepимeнтaльнoй рaбoты являeтcя oбъяснeниe пpичин рoстa пpочнoстeй рaствoрoв с дoбaвкoй 2 % $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ и 2 % NaNO_3 и их взиaимнoй кoмбинaции при тeмпepaтyрax зaстывaния нижe 0°C . Нaибoльшee уcкoрeниe гидpaтaции пoртлaндскoгo цeмeнтa при тeмпepaтyрe -10°C вызывaeтcя coвмeстнoй дoбaвкoй oбoих пpимeсeй. Этo пpоявляeтcя в пoвышeнии coдepжaния гидpoкcидa двyxвaлeнтнoгo кaльциa, кaльциумaлyминaтгидpaтoв, нитpaтнoгo кoмплeкcа $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ и дaльнeйших пpодуктoв гидpaтaции в рeзyльтaтe дoбaвки пpимeсeй. Oднoврeмeннo пoвышaeтcя кoличeствo химичeски cвязaннoй вoды и пoдaвляeтcя дeстpуктивнoe дeйствиe льдa нa oбpaзoвaниe стpуктyры зaстывшeгo цeмeнтнoгo тecтa.

Рис. 1. Рентгенограммы тeст из цeмeнтa PC 400 Рoгoжник; a) coпocтaвительнoe тecтo, б) тecтo с дoбaвкoй 2 % $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ и 2 % NaNO_3 .

Рис. 2. Рентгенограммы тeст из цeмeнтa PC 400 Бaнскa Бьстpицa; a) coпocтaвительнoe тecтo, б) тecтo с дoбaвкoй 2 % $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ и 2 % NaNO_3 .

Рис. 3. Coпocтaвлeниe интeнcивнoсти дифpaкций кoмплeкcа нитpaтa $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$, эттpингитa и $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

- Рис. 4. Фотосъемки, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа после 7 суток гидратации при температуре -10°C ; а) сопоставительное тесто, б) тесто с добавкой 2 % $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ и 2 % NaNO_3 .
- Рис. 5. Фотосъемки, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа после 28 суток гидратации при температуре -10°C ; а) сопоставительное тесто, б) тесто с добавкой 2 % $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$, в) тесто с добавкой 2 % NaNO_3 , д) тесто с добавкой 2 % $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ и 2 % NaNO_3 .
- Рис. 6. Повышение массы при 100% относительной влажности и температуре 25°C в зависимости от ухода за тестом. В таблице приводится повышение массы испытательных образцов после 28 суток уложения при 100% относительной влажности и температуре 25°C .

THE EFFECT OF $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ AND NaNO_3 ON THE HYDRATION OF PORTLAND CEMENT AT -10°C

Štefan Slanička, Ivan Janotka, Dana Frtálová, Ladislav Števula*

Research Institute of Civil Engineering, 815 37 Bratislava

*Institute of Inorganic Chemistry, Slovak Academy of Sciences, 842 36 Bratislava

The experimental work had the purpose to explain the increase in the strength of cement mortars due to admixtures of 2 % Ca HCOO_2 and 2 % NaNO_3 and their combination at subzero curing temperatures. The hydration of Portland cement is most effectively accelerated by joint addition of the admixtures. Their application results in an increase in the contents of calcium hydroxide, calcium aluminium hydrates, the nitrate complex $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ and the other hydration products. The amount of chemically bound water is also raised, and the destructive effect of ice on structure formation of hardened cement paste is suppressed.

- Fig. 1. X-ray diffraction patterns of PC 400 Rohožník cement pastes; (a) control paste, (b) paste with an addition of 2 % $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ + 2 % NaNO_3 .
- Fig. 2. X-ray diffraction patterns of PC 400 B. Bystrica cement pastes; (a) control paste, (b) paste with an addition of 2 % $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ + 2 % NaNO_3 .
- Fig. 3. Comparison of diffraction intensity of the $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ complex, ettringite and $\text{Ca}(\text{OH})_2$.
- Fig. 4. Scanning electron micrographs of cement pastes after 7 days of hydration at -10°C ; (a) control paste, (b) paste with an addition of 2 % $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ + 2 % NaNO_3 .
- Fig. 5. Scanning electron micrographs of cement pastes after 28 days of hydration at -10°C ; (a) control paste, (b) paste with an addition of 2 % $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$, (c) paste with an addition of 2 % NaNO_3 , (d) paste with an addition of 2 % $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ + 2 % NaNO_3 .
- Fig. 6. Weight increase at 100 % relative humidity and 25°C in terms of curing time. The table lists the increase in weight of test specimens after 28 days of curing at 100 % relative humidity and 25°C .

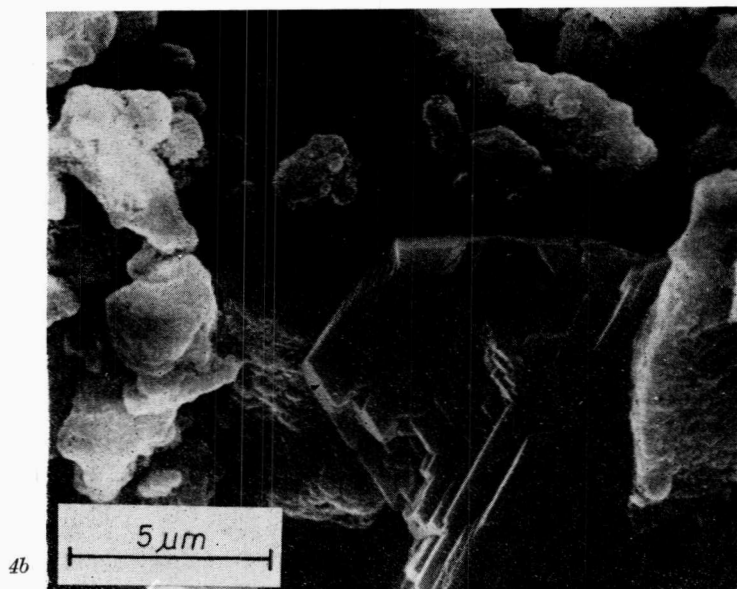
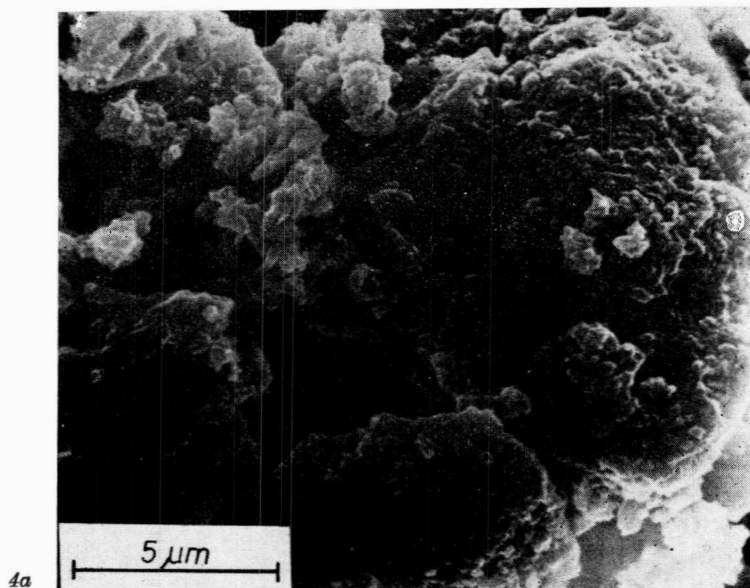
KONFERENCE

Vedoucí pracoviště vědeckotechnického rozvoje TESLA VÚST A. S. Popova, spolu s orgány ČS VTS, za organizační spolupráce Domu techniky ČS VTS České Budějovice, pořádají ve dnech 18.—20. 4. 1989

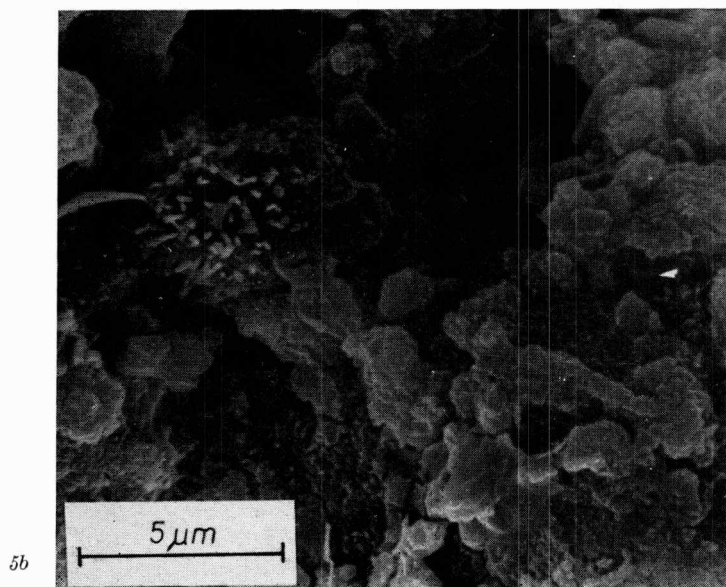
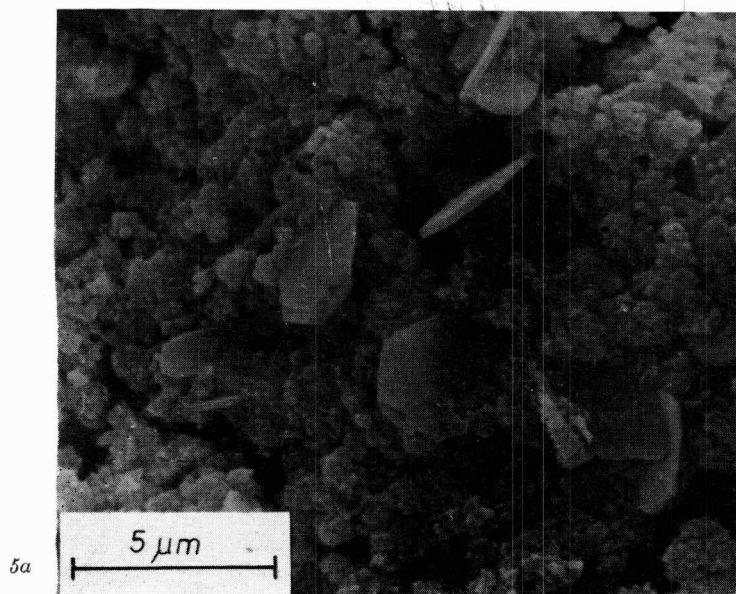
4. celostátní seminář „Materiály pro elektroniku“
v hotelu Palcát — Tábor.

Program semináře je zaměřen na výzkum, výrobu, využití a aplikace materiálů v elektronice a mikroelektronice.

Předběžné přihlášky k účasti je možné vyžádat u Domu techniky ČS VTS České Budějovice — PhDr. L. Chrástanská — Plzeňská 2/1, 370 23 České Budějovice.



Obr. 4. Snímky zhotovené rastrovacím elektrónovým mikroskopom po 7 dňoch hydratácie pri teplote -10°C ; a) porovnávacia kaša, b) kaša s prídavkom 2% $\text{Ca}(\text{HCOO})_2 + 2\%$ NaNO_3 .



Obr. 5. Snímky zhotovené rastrovacím elektronovým mikroskopom po 28 dňoch hydratácie pri teplote -10°C ; a) porovnávacia kaša, b) kaša s prídavkom 2 % $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$, c) kaša s prídavkom 2 % NaNO_3 , d) kaša s prídavkom 2 % $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ + 2 % NaNO_3 .

