

KALORIMETR K MĚŘENÍ HYDRATAČNÍHO TEPLA KOMPOZITNÍCH MATERIÁLŮ.

Vratislav Tydlitát¹, Pavel Tesárek² a Jan Zakoutský¹

ČVUT v Praze, Stavební fakulta, ¹Katedra materiálového inženýrství a chemie, ²Katedra mechaniky

Souhrn

Popisuje se diferenční kalorimetr k izotermickému měření hydratačního tepla na vzorcích betonových směsí objemu do 1300 ml, hmotnosti do 2 kg se zrna velikosti do 25mm.

Klíčová slova: Diferenční izotermní kalorimetr, hydratační tepla, velké vzorky, beton

1. ÚVOD

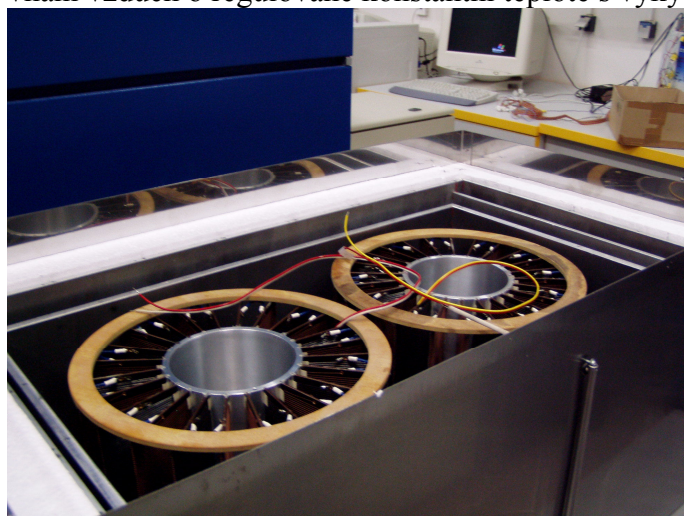
V návaznosti na předchozí práce autorů v oblasti hydratace maltovin a měření hydratačních tepel se ukázalo žádoucím měřit vlastnosti betonové směsi užívané ve stavebním provozu. Plniva betonu mají zrna kameniva až 63 mm na velkých inženýrských stavbách. Při metodě laboratorního měření jsme se omezili na betonové směsi s hrubým kamenivem do síta 25 mm, kde je ale možno sledovat i vliv zrnitých součástí. Pro takové vzorky se ukázalo nutným zvolit reprezentativní objem pro vzorky do 1300 ml.

2. HYDRATAČNÍ TEPLA KOMPOZITNÍCH MATERIÁLŮ.

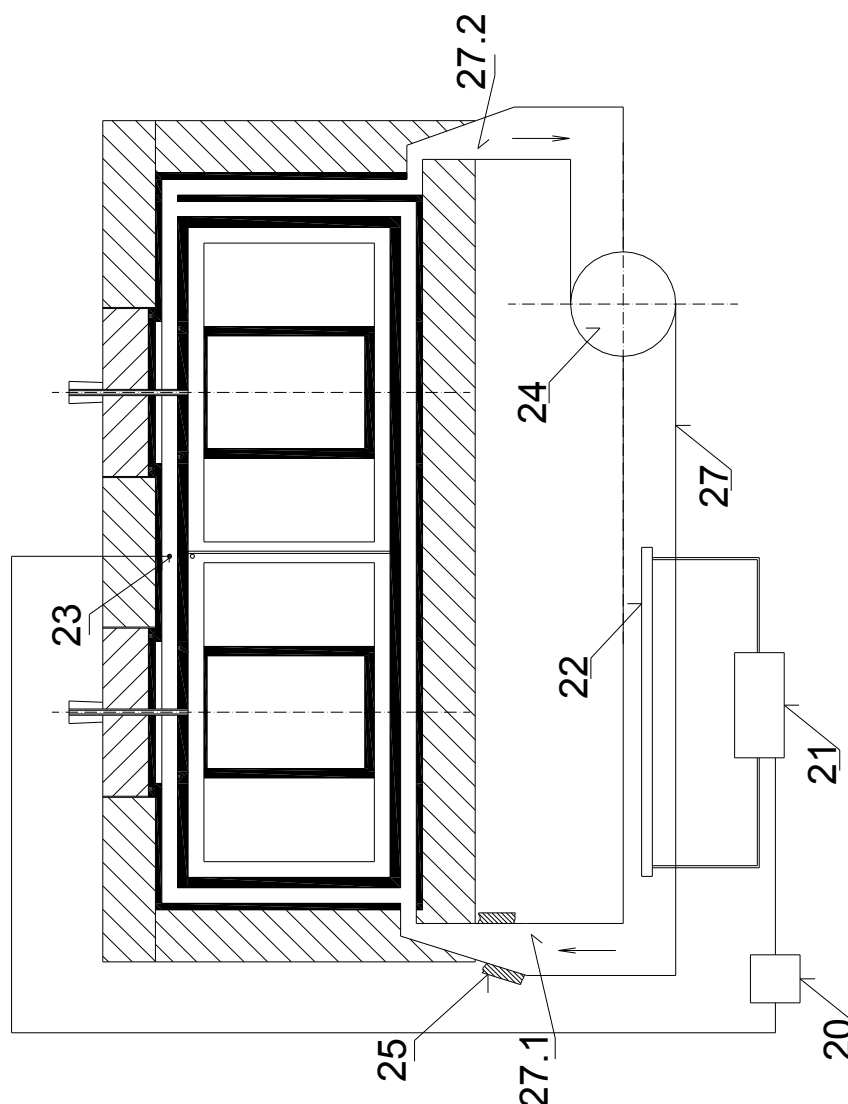
Současný vývoj a výzkum betonových směsí hledá složky pojiv i plniv, které zvyšují užité vlastnosti betonu a současně směřují ke zdokonalení ekonomické efektivity výroby. Metoda měření hydratačních tepel umožňuje hodnotit efektivnost náhrady pojiv i posoudit účast hydratačních reakcí u jemných plniv.

3. POPIS KALORIMETRU

Na Obr 1 je fotografie pohledu do otevřeného přístroje a na Obr. 2 je komentovaný výkres svislého řezu kalorimetrem KB01. Jádrem kalorimetru se skládá ze dvou nádob, reakční a referenční, které jsou uloženy ve válcových snímačích tepelného toku. Snímače tvoří soustavy 24 termosloupů. Každý termosloup tvoří 80 měď-konstantanových termočlánků. Snímače tepelného toku jsou zapojeny diferenčně, snímač měřící proti referenčnímu. Rozdílové napětí v mV se registruje měřicí ústřednou COMET 5 s intervalem 15 s. Celá soustava snímačů je uzavřena v plášti s dvojitou stěnou. Do prostoru mezi dvojitou stěnou se vhání vzduch o regulované konstantní teplotě s výkyvem $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$.



Obr.1 Pohled na otevřený kalorimetr



Obr. 2 Svislý řez kalorimetrem KB 01

20 – regulátor teploty temperačního vzduchu, 21 – kompresorová jednotka chlazení a ohřevu, 22 – výměník tepla 23, – platinový termočlánek k měření a regulaci teploty vzduchu, 24 – ventilátor, 25 – tepelná izolace vzduchového potrubí, 27 – potrubí temperovaného vzduchu, 27.1 vstup vzduchu, 27.2 – výstup vzduchu

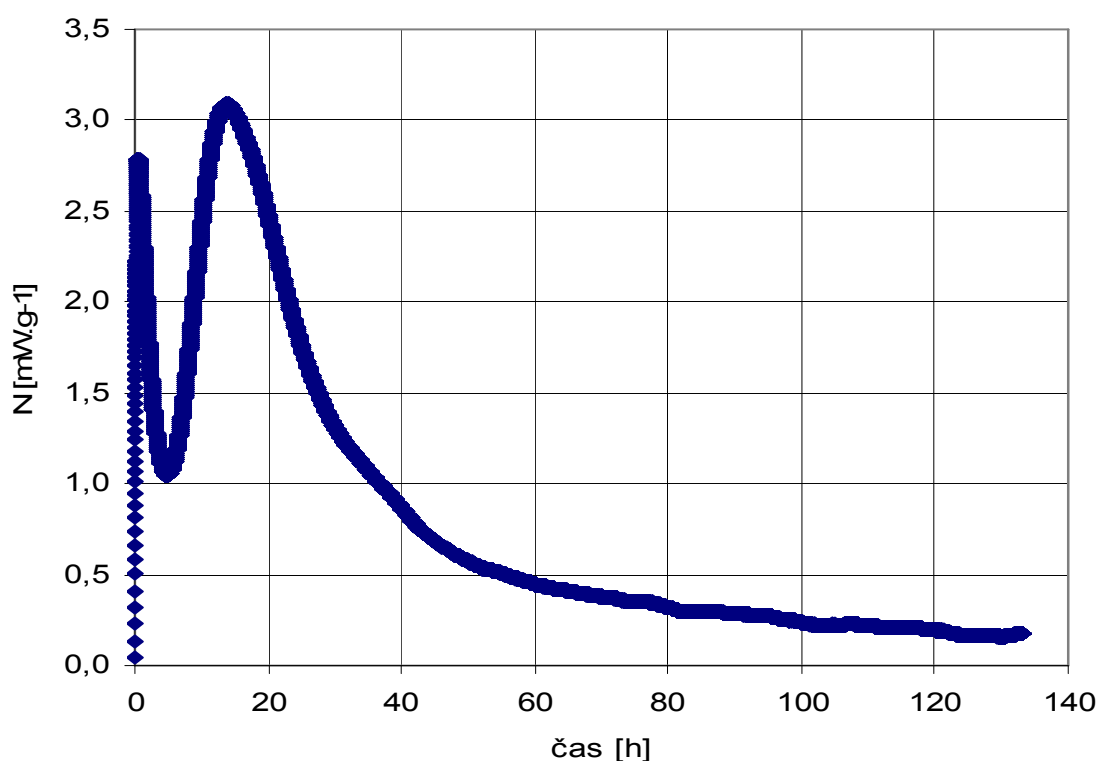
4. POSTUP MĚŘENÍ A KALIBRACE

Navážené suché složky betonové směsi (malty) se před měřením jeden den temperují v měřicí komoře, současně se v referenční komoře temperuje nádoba s vodou pro hydrataci. umístěném v míchací nádobě. Pytlík se těsně uzavře gumičkou. V míchací nádobě se ručním třepáním a natřásáním během tří minut smíchají složky a pytlík se vzorkem se vloží do měrné nádoby. Pracuje se v tlustých rukavicích, aby se nepřenášelo tělesné teplo při manipulaci. Nádoba se rychle uzavře a z registrovaného průběhu diferenčního signálu se odečte počátek vývoje hydratačního tepla v kalorimetru.

Kalorimetr se kalibruje Joulovým teplem, vytvářeným stejnosměrným elektrickým výkonem na resistenci. Experimentální uspořádání používá kalibrační vložku s navinutým odporovým drátem. Napájí se napětím ze stabilizovaného stejnosměrného zdroje.

VÝSLEDKY MĚŘENÍ A ZÁVĚR

Příklad průběhu tepelného výkonu při hydrataci cementové pasty je na Obr.3, integrací získaný průběh celkového hydratačního tepla je na Obr.4. V Tab.1 je složení zkoušených vzorků, cementové pasty, cementové malty a betonové směsi. V Tab.2 jsou střední hodnoty ze tří nebo dvou měření hydratačních tepel. Porovnáním hydratačních tepel cementové pasty a betonové směsi se stejným vodním součinitelem vidíme nepatrný rozdíl v jejich průběhu. Lze konstatovat, že dané plnivo nemá v pozorovatelných mezích vliv na hodnotu hydratačního tepla. To jsme očekávali, ale změřeno to bylo prvně.



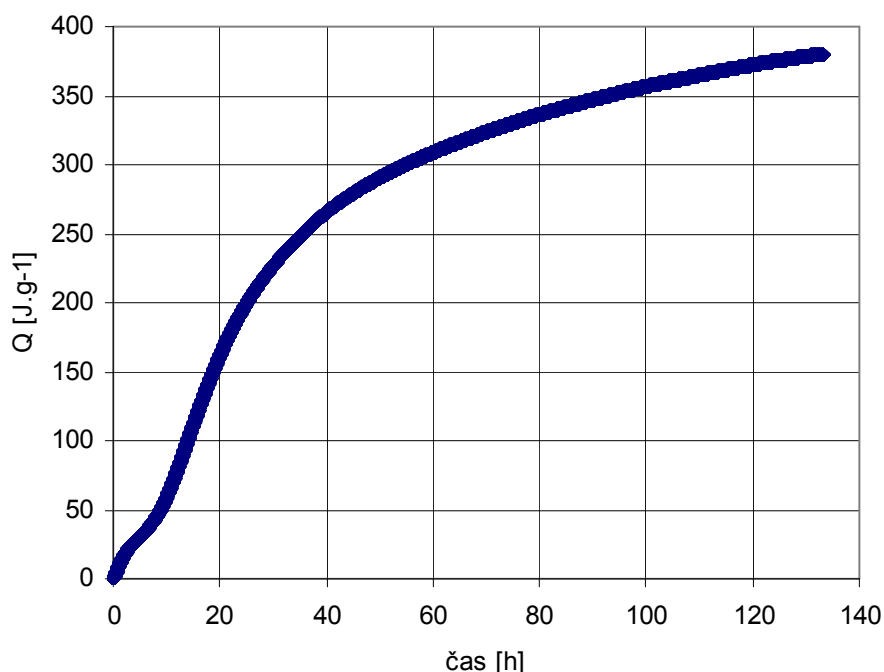
Obr.3 Průběh uvolněného tepelného výkonu při hydrataci cementové pasty, v/c 0,5.

Tab.1. Složení cementové pasty, malty a betonové směsi [g]

Vzorek	Cement	Voda	Plnivo		
Cementová pasta	300	150	-	-	-
Cementová malta	300	180	Kam.I 300	Kam.II 300	Kam.III 300
Betonová směs	360	180	Kam.0/4 564	Kam.4/8 120	Kam.8/16 300

Tab.2 Střední hodnoty hydratačního tepla Q [$J \cdot g^{-1}$] v závislosti na čase ze tří (dvou) měření

Doba hydratace [h]	Cementová pasta, Q	Cementová malta, Q	Betonová směs, Q
24	180,6	191,9	179,4
48	267,5	281,3	263,0
72	306,2	321,4	300,9
96	327,2	346,8	325,5
120	340,8	366,8	342,1
Chyba [%]	5,8	6,5	2,0
v/c	0,5	0,6	0,5



Obr.4 Hydratační teplo cementové pasty CEM I 42,5R Mokrý, v/c 0,5.

PODĚKOVÁNÍ

Práce byla řešena za finanční podpory grantu FR-TI 1/216 Požárně odolné kompozitní prvky vyrobené speciální technologií s využitím druhotných surovin.

LITERATURA/1/ CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE, (2009): Calorimeter for Measurement of the Hydration Heat of the Concrete with Coarse Aggregate, (in Czech). Authors: TYDLITÁT V.; TESÁREK P., ČERNÝ R., Utility model No.20426 from 27.10.2009 Czech Republic. Industrial Property Office.

/2/ J. Zákoutský: Kalorimetrické sledování vybraných maltovin. Bakalářská práce. ČVUT Stavební fakulta, Katedra 11123, PRAHA 2009

A Calorimeter for Measurement of the Hydration Heat of Composite Materials

By Vratislav Tydlitát¹, Pavel Tesárek² a Jan Zákoutský¹

Czech Technical University of Prague, Faculty of Civil Engineering.

The differential calorimeter for isothermal measurement of hydration heat of concrete will be described. The volume of samples up to 1300ml, of mass up to 2kg and grain up to 25mm of aggregate can be measured.