

SLEDOVÁNÍ SOUVISLOSTÍ MEZI VLASTNOSTMI VÁPENCŮ A OPTIMÁLNÍ TEPLOTOU JEJICH VÝPALU

Radovan Nečas, Dana Kubátová, Jiří Junek, Vladimír Těhník¹

Byly provedeny pokusné výpaly vzorků vápenců z různých lokalit při třech teplotách. Na vypálených vzorcích byly provedeny zkoušky reaktivity vápna a z jejich výsledků byla pro každý vápenec vypočtena optimální teplota výpalu. Jako kritérium pro stanovení optima byla použita jednak maximální teplota při hašení, jednak minimální doba hašení. Byly vypočteny korelace mezi optimální teplotou výpalu a ostatními vlastnostmi vápenců. Výsledky naznačují souvislost optimální teploty výpalu a melitelnosti vápenců.

Úvod

Cílem prací bylo nalézt optimální teplotu výpalu pro vápence z různých lokalit a zjistit případnou souvislost této optimální teploty s ostatními vlastnostmi vápenců.

Při optimalizaci obecně je nutno nejprve stanovit kritérium, podle kterého se má optimalizace provést. Toto kritérium se nazývá „účelová funkce“. Je-li soustava ve stavu optima, má účelová funkce v tomto bodě extrém, tj. nabývá svého minima, popř. maxima (podle charakteru účelové funkce).

¹Ing. Radovan Nečas, Ing. Dana Kubátová Ph. D., Ing. Jiří Junek, Ing. Vladimír Těhník –
Výzkumný ústav stavebních hmot a. s., Hněvkovského 65, 617 00 Brno, vustah@vustah.cz

Má-li účelová funkce extrém, je nutnou (nikoli postačující) podmínkou jeho existence nulová hodnota její derivace.

Byly připraveny vzorky vápen z vápenců z 13 různých lokalit, vypálené při teplotách 1000, 1100 a 1200 °C. Na těchto vzorcích byla stanovena reaktivita podle ČSN EN 459-2. Jako účelové funkce pro nalezení optima byly zvoleny tyto parametry:

- teplota při hašení T_u (°C) podle ČSN EN 459-2 (hledá se maximum v závislosti na teplotě výpalu)
- rychlost hašení – doba t_u (s) podle ČSN EN 459-2 (hledá se minimum v závislosti na teplotě výpalu)

Stanovení optimální teploty výpalu

Známe teplotu hašení T_u a dobu hašení t_u pro teploty výpalu vzorků 1000, 1100 a 1200 °C. Hledáme teplotu výpalu, při níž je T_u maximální, resp. t_u je minimální.

Třemi známými body pro teplotu výpalu $T = 1000; 1100; 1200$ °C proložíme regresní parabolou ve tvaru:

$$T_u = a_1 T^2 + b_1 T + c_1$$
$$\text{resp. } t_u = a_2 T^2 + b_2 T + c_2$$

Koeficienty a , b , c vypočteme dosazením stanovených 3 dvojic hodnot T a T_u resp. T a t_u a vyřešením soustavy 3 lineárních rovnic. Z koeficientů a , b a c vypočteme extrém. Parabola má extrém, je-li její první derivace rovna nule, tedy:

$$2aT_{opt} + b = 0$$
$$T_{opt} = -b/(2a)$$

Přehled vypočtených optimálních teplot výpalu (z hlediska T_u a t_u) pro jednotlivé lokality vápenců je uveden v následující tabulce 1.

Stanovení melitelnosti vápenců

Na jednotlivých vzorcích vápenců byly provedeny zkoušky melitelnosti metodou VTI. Melitelnost metodou VTI se stanovuje mletím vzorku v laboratorním porcelánovém kulovém mlýnku. Vzorky se melou konstantní dobu, tj. při spotřebě stejného množství energie. Po skončení mletí se zjišťuje zbytek na síte 0,09 mm a z něj se vypočítá součinitel melitelnosti K_{VTI} . Výsledky stanovení jsou uvedeny v tabulce 1:

Tabulka 1 – Optimální teploty výpalu a hodnoty melitelnosti VTI

Vzorek	T_{opt} [°C] (kriterium je max. T_u)	T_{opt} [°C] (kriterium je min. t_u)	K_{VTI}
VA-341/3	1077	1048	1,017
VA-342/3	1100	1008	1,013
VA-345/3	1000	1035	1,104
VA-381-2/3	1081	1055	1,234
VA-511/3	1067	1045	0,823
VA-346/3	1079	1046	1,239
VA-343/3	1000	1029	1,278
VA-234/3	1079	1049	0,992
VA-344/3	1084	1046	1,202
VA-235/3	1000	1028	1,235
VA-292/3	1003	1058	0,912
VA-374/3	825	1048	1,092
VA-512/3	950	1030	0,839

Výpočty korelací mezi optimální teplotou výpalu a melitelností

Byly vypočteny lineární korelace (odhady korelačních koeficientů) mezi optimálními teplotami výpalu a stanovenou melitelností VTI. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2:

Tabulka 2 – Vypočtené odhady korelačních koeficientů

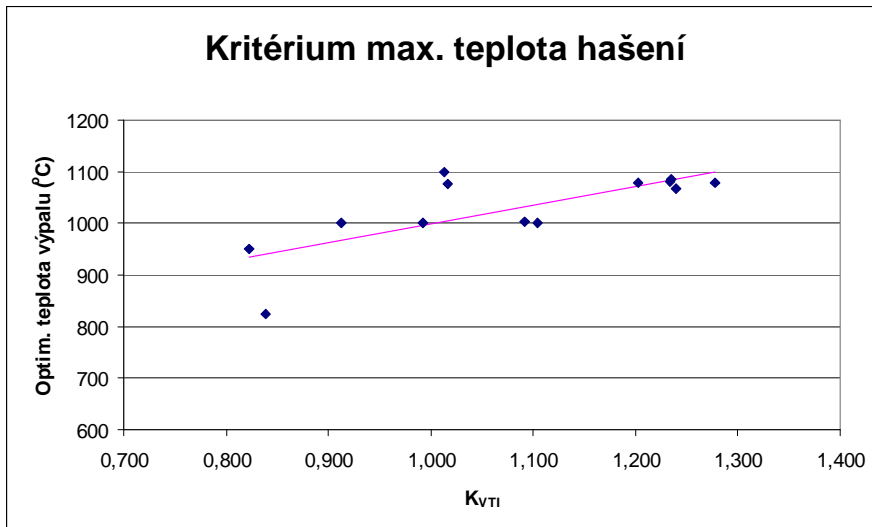
	T_{opt} (kriterium je max. T_u)	T_{opt} (kriterium je min. t_u)
Melitelnost K_{VTI}	0,737	-0,042

Vypočtené odhady korelačních koeficientů naznačují určitou souvislost mezi optimální teplotou výpalu T_{opt} (stanovenou podle kritéria max. teploty hašení) a melitelností VTI (koeficient korelace je 0,737). Naopak korelace mezi optimální teplotou výpalu stanovenou podle kritéria minimální doby t_u je velmi nízká.

Metodou nejmenších čtverců byla vypočtena rovnice regresní přímky pro souvislost optimální teploty výpalu s koeficientem K_{VTI} :

$$T_{opt} = 359,8 K_{VTI} + 639$$

Grafické vyjádření závislosti mezi melitelností a optimální teplotou výpalu je znázorněno na následujícím grafu 1:



Graf 1 – Závislost optimální teploty výpalu na melitelnosti VTI

Zhodnocení výsledků a závěr

Byly stanoveny optimální teploty výpalu vápenců z různých lokalit, a to jednak podle kritéria maximální teploty při hašení, jednak podle kritéria minimální doby hašení. Výsledky naznačují určitou souvislost mezi optimální teplotou výpalu T_{opt} stanovenou podle kritéria max. teploty hašení, a melitelností VTI.

Vzhledem k tomu, že zkoušky a výpočty byly provedeny na relativně malém souboru vzorků, bude nutno tyto výsledky v budoucnu ověřit na větším počtu vzorků vápenců z téže lokality, popř. i z lokalit jiných.

Prokáže-li se platnost souvislosti mezi melitelností VTI a optimální teplotou výpalu, bude možno využít výsledky zkoušek stanovení melitelnosti pro výpočet odhadu optimální teploty výpalu daného vápence.

**Tento příspěvek vznikl za podpory výzkumného centra MŠMT
č. 1M06005.**