

NIEKTORÉ POZNATKY O TERMOFYZIKÁLNYCH VLASTNOSTIACH MATERIÁLOV TVORIACICH ZLIEVÁRENSKÚ FORMU

Ludovít BOBOK, Dávid PEČOVSKÝ, Miroslav FODOR,
Peter BALLÓK, Daniela SCHÜTZOVÁ
Hutnícka fakulta Technickej univerzity v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice

1. Úvod

Roztavený a prehriaty kov prichádza pri odliavaní do kontaktu so zlievárenskou formou, ktorá je podstatne chladnejšia ako samotný práve odliaty kov. Pri styku formy s tekutým kovom odvádza forma teplo z kovu – jej teplota stúpa a teplota kovu klesá. Kryštalizačný pochod v odliatku prebieha tým rýchlejšie, čím intenzívnejšie odvádza forma teplo z kovu. Ochladzovací účinok zlievarenskej formy má rozhodujúci vplyv nielen na povrchovú akosť, ale predovšetkým na vnútornú akosť odliatku. Rýchlosť tuhnutia a ochladzovania závisí v prevažnej miere od materiálu zlievarenskej formy a hrúbky jej stien. Ide tu jednak o použité ostrivo ale aj spojivo a ostatné prísady formovacích zmesí. Dá sa počítať s účelným použitím formovacích zmesí rozdielnej tepelnej akumulácie v tom smere, aby pevnosť a obrobitelnosť odliatkov bola rovnomernejšia vo všetkých miestach odliatku. K tomu je potrebné poznať tepelno-akumulačné vlastnosti jednotlivých formovacích materiálov.

Ďalším z dôvodov, prečo je nevyhnutné poznať tepelno-akumulačné vlastnosti formovacích materiálov je fakt, že aj v zlievarenstve sa v súčasnosti dostávajú do popredia rôzne simulačné programy, kde jednou zo základných podmienok pre úspešnú simuláciu zlievárenských pochodov (tuhnutie a chladnutie odliatkov vo forme) je poznanie vyššie spomenutých tepelno-akumulačných vlastností formovacích materiálov. Medzi základné charakteristiky, ktoré komplexne hodnotia ochladzovací účinok zlievarenskej formy patrí koeficient tepelnej akumulácie b_f . Ten nie je konštantnou vlastnosťou formovacích zmesí a závisí na technologických parametroch ako je druh a teplota odliavaného kovu, granulometria ostriva, vlhkoť zmesi, stupeň zhutnenia a iné. Taktiež závisí priamo úmerne od koeficientu prestupu tepla α na rozhraní odliatkov – forma, t.zn., že na základe b_f je potom možné usudzovať o intenzite prestupu tepla medzi odliatkom a formou.

Tento príspevok pojednáva o možnosti spôsobu stanovenia koeficientu b_f pre zlievárenské formovacie zmesi a o faktoroch naň vplyvajúcich. Zároveň sú v ňom zahrnuté niektoré dosiahnuté výsledky v rámci prvotných experimentálnych prác autorov.

2. Rozdelenie metód

V súčasnej dobe existuje množstvo metód vhodných na zisťovanie tepelno-akumulačných vlastností zlievarenskej formy. Tieto sa dajú rozdeliť na tri skupiny:

1. Metódy elektrickej analógie spojené s numerickými výpočtami. Tieto metódy sú pokus-ne pomerne náročné a dajú sa pomocou nich riešiť len určité konkrétne prípady.

2. Priamy výpočet koeficientu tepelnej akumulácie b_f z rovnice

$$b_f = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \rho} \quad (1)$$

3. Priame pokusné metódy. Javia sa ako najvhodnejšie pre najširšie použitie vo výskume a v praxi. Sú založené na meraní teplotného poľa odliatku a zlievárenskej formy za súčasného zisťovania doby tuhnutia odliatku τ . Existuje viacero metód priameho merania tepelno-akumulačných vlastností formy.

Jednou z experimentálnych metód je metóda vylievacia, ktorá je však pomerne nepresná.

Inou metódou je metóda odlievacia. Pre určenie b_f pomocou tejto metódy je potrebné zmerať dobu tuhnutia skúšobného odliatku ako aj teplotu rozhrania forma-odliatok. Nevýhodou tejto metódy je to, že nevieme zaručiť štandardné podmienky, čo sa týka zhustenia formovacej zmesi pri výrobe skúšobných foriem.

Ďalšou metódou je kalorimetrická metóda. Tú sme využili pre stanovenie koeficientu tepelnej akumulácie b_f zlievárenskej formy.

3. Princíp kalorimetrického zisťovania koeficientu b_f

Pre určenie koeficientu tepelnej akumulácie b_f bola navrhnutá kalorimetrická metóda. Ide o metódu, ktorá je relatívne málo aplikovaná a ide o jeden z prvých pokusov použitia práve tejto metódy na zisťovanie tepelno-akumulačných vlastností formovacích materiálov.

Kalorimetrická metóda bola zvolená z týchto dôvodov:

- ◆ pomerne jednoduché prevedenie metódy
- ◆ podmienky pri meraní sa približujú podmienkam v reálnej forme (priamy styk tekutého kovu s formovacou zmesou)
- ◆ možnosť zachovania štandardných podmienok pri prevádzaní experimentu (konštantné zhustenie formovacej zmesi, konštantná plocha styku tekutého kovu s formovacou zmesou pri každom meraní, konštantné množstvo odlievaného kovu)
- ◆ možnosť dosiahnutia pomerne presných výsledkov

Jedná sa o priame meranie množstva prijatého tepla vo formovacej zmesi. Princíp metódy spočíva v tom, že po odliatí počas tuhnutia a chladnutia odliatku vo forme sa do formovacej zmesi odvádza určité množstvo tepla. To odpovedá rozdielu tepelného obsahu taveniny pri teplote prehriatia a teplote počiatku tuhnutia, a tiež latentnému teplu tuhnutia.

Množstvo tepla prijatého zlievarenskou formou sa dá určiť riešením Fourierovej rovnice pre vedenie tepla :

$$q = - \int \left(\frac{\partial t}{\partial x} \right)_{x=0} d\tau \quad (2)$$

ktorej riešenie podľa Halbarta [1] je:

$$Q = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{\lambda}{\sqrt{a}} \cdot \Delta t \cdot \sqrt{\tau} \cdot F \quad (3)$$

keďže platí:

$$\frac{\lambda}{\sqrt{a}} = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \rho} = b_f \quad (4)$$

možno napísať:

$$Q = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot b_f \cdot \Delta t \cdot F \cdot \sqrt{\tau} \quad (5)$$

kde Q – množstvo tepla prestúpeného z odliatku do formy za jednotku času;

b_f – koeficient tepelnej akumulácie [$\text{W} \cdot \text{s}^{0.5} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$];

F – plocha prestupu tepla [m^2];

Δt – teplota rozhrania [$^{\circ}\text{C}$];

$$\Delta t = t_l - t_f$$

t_l – teplota liatia [$^{\circ}\text{C}$];

t_f – počiatočná teplota formy [$^{\circ}\text{C}$];

τ – doba prestupu tepla, resp. doba tepelného ovplyvnenia zlievárenskej formy [s];

Podľa vzťahu (5) množstvo tepla prijatého telesom vzrastá priamo úmerne s druhou odmocninou času. Deriváciou rovnice (5) podľa času dostávame:

$$\frac{dQ}{d\tau} = \frac{F \cdot b_f \cdot \Delta t}{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{\tau}} \quad (6)$$

Rovnica (6) vyjadruje, že rýchlosť prestupu tepla z teplého prostredia do chladnejšieho sa mení nepriamo úmerne s druhou odmocninou času.

Ak vychádzame z toho, že tavenina sa odlieva pri rovnakom prehriatí a že tuhne približne za stálej teploty, potom možno povedať, že na priebeh tuhnutia pôsobí predovšetkým tepelno-akumulačná charakteristika formy a teda:

$$b_f = \frac{Q}{F} \cdot \frac{1}{1,13 \cdot (t_l - t_f) \cdot \sqrt{\tau}} \quad (7)$$

Množstvo tepla prestúpené cez stykovú plochu dvoch prostredí je možné vyjadriť aj Newtonovou rovnicou prestupu tepla:

$$Q = \alpha \cdot \Delta t \cdot F \cdot \tau \quad (8)$$

v diferenciálnom tvare:

$$dQ = \alpha \cdot \Delta t \cdot F \cdot d\tau \quad (8a)$$

kde: α – súčiniteľ prestupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$];

Δt – teplota rozhrania [$^{\circ}\text{C}$];

$$\Delta t = t_l - t_f$$

t_l – teplota liatia [$^{\circ}\text{C}$];

t_f – počiatočná teplota formy [$^{\circ}\text{C}$];

τ – doba prestupu tepla [s];

F – plocha prestupu tepla [m^2];

a je ho možné vyjadriť z rovníc (8) a (8a):

$$\alpha = \frac{1}{\Delta.t.F} \cdot \frac{dQ}{d\tau} = \frac{1}{\Delta.t.F} \cdot \frac{F \cdot b_f \cdot \Delta.t}{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{\tau}} \quad (9)$$

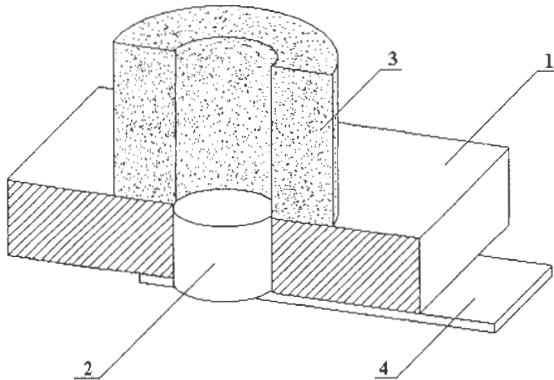
a teda:

$$\alpha = \frac{b_f}{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{\tau}} \quad (10)$$

Rovnica (10) udáva, že pri ochladzovaní kovu v pieskových formách koeficient prestupu tepla α na rozhraní formakov závisí jednoznačne od vlastností formy. Vzťah (10) zároveň vystihuje fyzikálnu podstatu pochodu chladnutia kovu: po odlíatí kovu povrchové vrstvy formy rýchlo odoberajú teplo z odliatku a úmerne s ohrevom týchto vrstiev sa tepelný tok zjavne znižuje.

4. Metodika experimentu

Pre účely experimentálneho určenia koeficientu b_f bola zostavená špeciálna aparátúra (obr.1). Tá



Obr. 1..Zložené odlievacie zariadenie v reze
Fig. 1. Cross-section of composited casting equipment

pozostávala z oceľových dvojdielnych príložiek (1), do ktorých sa vkladal skúšobný normovalček (2) vyrobený z formovacej zmesi, u ktorej sa zistovala hodnota koeficientu b_f . Na oceľových príložkách nad normovalčekom bolo umiestené jadro (3) vyrobené z CT zmesi, ktoré bolo pri odlievaní zaťažené závažím. Normovalček bol zospodu zaistený proti vypadnutiu výsuvnou oceľovou podložkou (4). Celé toto zariadenie bolo umiestnené na jednoduchom kovovom stolíku.

Na určenie množstva tepla akumulovaného v normovalčeku bol použitý kalorimeter. Zdrojom tepla pri experimente bol silumín (90%Al,10%Si), ktorý sa odlieval do CT jadra..

5. Príprava formovacích zmesí a skúšobných normovalčekov

K experimentu bolo pripravených 7 druhov formovacích zmesí. Prehľad a zloženie udáva tabuľka č. 1. Z každej formovacej zmesi boli zhotovené normovalčeky, ktoré slúžili pri experimente ako skúšobné vzorky.

Tabuľka 1
Table 1

Označenie formovacej zmesi	Zloženie formovacej zmesi
FZ1	Provodín 36 – 93 hmotnostných dielov Bentonit BP 100 – 7 h.d. 5% vody
FZ2	Provodín 36 – 93 h.d. Bentonit BP 100 – 7 h.d. 4% vody
FZ3	Šajdíkové Humence 22 – 93 h.d. Bentonit BP 100 – 7 h.d. 4% vody
FZ4	Provodín 36 – 93 h.d. Karbemix – 7 h.d. 4% vody
FZ5	Provodín 36 – 93 h.d. Karbemix – 7 h.d. 5% vody
FZ6	Provodín 36 – 100 h.d. Bentonit s obsahom oktaedecylamínu – 8 h.d. Polárna kvapalina organického pôvodu – 4,5 h.d. Oxidická prísada – 1 h.d. Polysacharid – 1 h.d. Voda – 2,5 h.d.
FZ7	Provodín 36 – 100 h.d. Vodné sklo – 7 h.d.

6. Priebeh experimentu

Na tavenie siluminu bola použitá elektrická odporová pec CAC 50 A1. Teplota zliatiny sa merala ponomým termočlánkom Pt-PtRh. Po dosiahnutí požadovanej teploty sa kov odliat do pripraveného zariadenia. V prípade zisťovania závislosti koeficientu tepelnej akumulácie od času kov bol ponechaný v styku s normovalčekom v časovom rozmedzí 1,5 až 10 minút. V ostatných prípadoch bol čas pôsobenia stanovený na 5 minút. Po uplynutí času pôsobenia sa zariadenie rozobralo a behom 8 až 10 sekúnd bol valček vložený do kalorimetra. V kalorimetri bol ponechaný až do okamihu vyrovnania teplôt. Teplota v kalorimetri sa merala ortuťovým teplomerom s presnosťou $\Delta t = \pm 0,1^\circ\text{C}$.

7. Rozbor teplotných pomerov v odlievacom zariadení

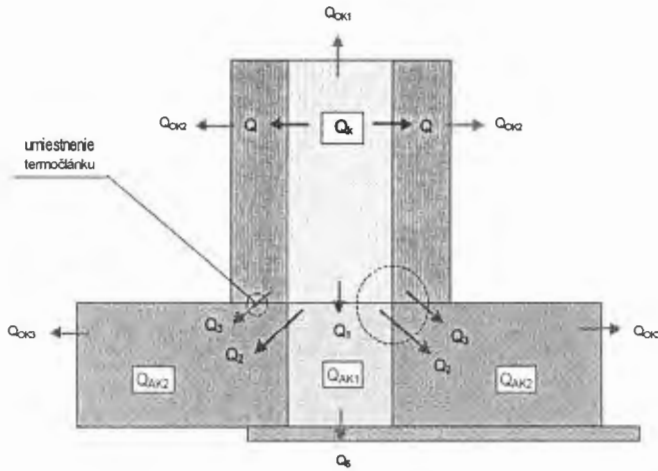
Teplotné pomery v odlievacom zariadení sú znázomené na obrázku č. 2.

Q_k - teplo dodané tekutým kovom

Q_1 - teplo, ktoré prešlo stykovou plochou medzi odliatkom a skúšobným normovalčekom

Q_2 - teplo unikajúce pri hornej ploche skúšobného normovalčeka do kovových príložiek

Q_3 - teplo unikajúce z odlievacieho CT jadra do príložiek



Obr. 2. Prestupy tepla v odlievacom zariadení
Fig. 2. The heat treatment in casting equipment

Q_4 - teplo unikajúce do CT jadra

Q_5 - teplo unikajúce spodnou časťou normovalčeka (je zanedbateľné)

$Q_{OK1} + Q_{OK2} + Q_{OK3}$ - teplá prechádzajúce z povrchu vyhrievaných stien do okolia

Platí:

$$Q = m \cdot [c_{KL} \cdot (t_1 - t_s) + l + c_{KS} \cdot (t_s - t_{ov})] \quad (11)$$

kde m - hmotnosť odliateho kovu [kg];

c_{KL} - merná tepelná kapacita kovu v tekutom stave [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$];

c_{KS} - merná tepelná kapacita kovu v tuhom stave [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$];

l - skupenské teplo kovu [J];

t_1 - teplota liatia [$^{\circ}C$];

t_s - teplota solidu [$^{\circ}C$];

t_{ov} - teplota odliatku po uplynutí doby ovplyvnenia [$^{\circ}C$];

Teplo privedené taveninou prechádza do všetkých súčastí odlievacieho zariadenia:

$$Q_k = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_{OK1,2,3} \quad (12)$$

Po odliatí je horná časť normovalčeka vystavená tepelnému náporu kovu a intenzívne sa ohrieva a časť tepla je odvádzaná aj do oceľových príložiek. Tepelne namáhané aj CT jadro, ktoré má však väčšiu stykovú plochu s tekutým kovom oproti normovalčeku a tak isto má aj lepšiu tepelnú vodivosť, takže v počiatočnej fáze tuhnutia odliatku je prestup tepla na rozhraní CT jadro-príložka intenzívnejší ako na rozhraní príložka-normovalček. Preto je v týchto fázach možné uvažovať, že normovalček je čiastočne tiež tepelne ovplyvňovaný aj zo strany CT jadra prostredníctvom príložiek. Avšak toto ovplyvnenie je zanedbateľné, pretože teplo sa bude intenzívnejšie odvádzat' smerom k okrajom príložiek. S pribúdajúcim časom sa teplotné pole

(naznačené na obr.2 väčšou čiarkovanou kružnicou) v hornej časti normovalčeka a príložiek homogenizuje.

Ak uvažujeme prívod tepla zo strany tekutého kovu do skúšobného normovalčeka a odtiaľ do príložiek a ďalej zo strany CT jadra, môžeme rovnicu (12) pre výpočet tepla zjednodušiť na:

$$Q_K = Q_1 + (Q_2 + Q_3) \quad (13)$$

Hodnoty prestúpených tepiel Q_1 a (Q_2+Q_3) môžeme určiť kalorimetricky – sú to akumulované tepla označené Q_{AK1} -teplo akumulované v normovalčeku a Q_{AK2} - teplo akumulované v ocelových príložkách.

8. Spôsob výpočtu a výsledky

Teplo akumulované v normovalčeku a ocelových príložkách sa stanoví zo všeobecnej kalorimetrickej rovnice:

$$Q_{AK1,2} = m_f \cdot c_f \cdot (t_{fs} - t_{str}) + m_f \cdot c_f \cdot (t_{str} - t_0) = (m_{H_2O} + V_K) \cdot (t_{str} - t_{H_2O}) + m_f \cdot c_f \cdot (t_{str} - t_0) \quad (14)$$

kde m_f – hmotnosť formovacieho materiálu [kg];

m_{H_2O} – hmotnosť vody v kalorimetri [kg],

hmotnosť vody bola pri experimente konštantná; $m_{H_2O} = 0,7955 \text{ kg}$ (800 ml);

c_f – merná tepelná kapacita formovacieho materiálu [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$];

c_{H_2O} – merná tepelná kapacita vody [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$];

V_K – vodná hodnota kalorimetra [$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$];

t_{fs} – stredná hodnota formovacieho materiálu po odliatí [$^{\circ}\text{C}$];

t_{str} – zmiešavacia teplota v kalorimetri [$^{\circ}\text{C}$];

t_{H_2O} – počiatočná teplota vody v kalorimetri [$^{\circ}\text{C}$];

t_0 – teplota okolia [$^{\circ}\text{C}$];

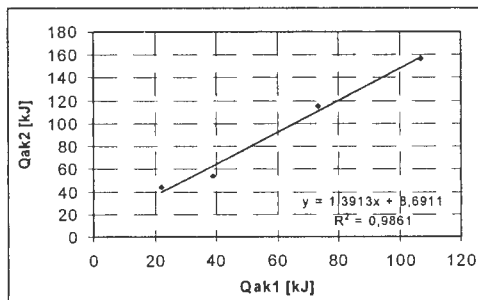
Pre výpočet sa berie zjednodušený vzťah:

$$Q_{AK1,2} = (m_{H_2O} \cdot c_{H_2O} + V_K) \cdot (t_{str} - t_{H_2O}) \quad [\text{J}] \quad (15)$$

pretože hodnota $m_f \cdot c_f \cdot (t_{str} - t_0)$ je zanedbateľná

Hodnota Q_{AK1} – teplo akumulované v normovalčeku, sa určí kalorimetricky podľa rovnice (16).

Hodnota Q_{AK2} – teplo akumulované v ocelových príložkách sa určí z grafickej závislosti $Q_{AK2} =$



Graf č. 1. Závislosť tepla zachyteného v príložkách a v normovalčeku

Fig. 1. Dependence of accumulated heat in scabs and an examination corpuscle

$f(Q_{AK1})$ znázornenej na grafe č. 3, podľa ktorej medzi hodnotami Q_{AK1} a Q_{AK2} existuje lineárna závislosť. Táto lineárna závislosť bola upravená, nakoľko v pôvodnej závislosti [2] sa uvažovalo s teplom, ktoré prešlo do ocelových príložík z CT jadra. Upravená grafická závislosť je znázornená na grafe č.1 [3].

Sčítaním hodnôt Q_{AK1} a Q_{AK2} dostaneme výslednú hodnotu tepla Q_{AK} akumulovaného v normovalčeku.

Hodnotu Q_{AK} dosadíme do rovnice (7), čím získame hodnotu koeficientu tepelnej akumulácie b_f :

$$b_f = \frac{Q_{AK}}{F} \cdot \frac{1}{1,13 \cdot (t_i - t_f) \cdot \sqrt{\tau}}$$

kde $F = 19,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$, hodnota F je konštantná pri všetkých meraniach.

$$t_f = t_0$$

Pre každú formováciu zmes sa takýmto výpočtom zistili hodnoty koeficientu b_f .

Pre porovnanie hodnôt koeficientu b_f s niektorými literárnymi údajmi bola zisťovaná jeho hodnota pre uhlíkovú ocel. Vetiška uvádza hodnotu $b_f 4920 \text{ W} \cdot \text{s}^{0,5} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ a našim meraním sme zistili hodnotu b_f pre ocel' 4946 $\text{W} \cdot \text{s}^{0,5} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Na základe vzťahu () boli vypočítané aj hodnoty koeficientov prestupu tepla na rozhraní odliatok – forma pre jednotlivé zmesi. Hodnoty koeficientov b_f a α pre jednotlivé formovacie zmesi sú uvedené v tabuľke č.2.

Tabuľka 2

Table 2

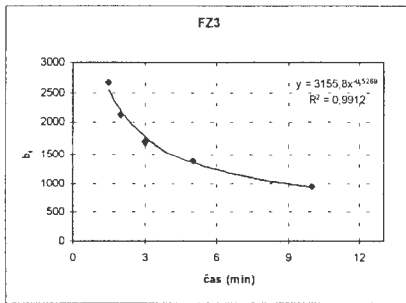
Formovacia zmes	Koeficient tepelnej akumulácie $b_f [\text{W} \cdot \text{s}^{0,5} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$	Koeficient prestupu tepla $\alpha [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
FZ1	1534	49.96
FZ2	1322	43.06
FZ3	1389	45.24
FZ4	1392	45.35
FZ5	1373	44.73
FZ6	1453	47.33
FZ7	1721	56.05
Uhlíková ocel'	4946	161.11

9. Vyhodnotenie výsledkov

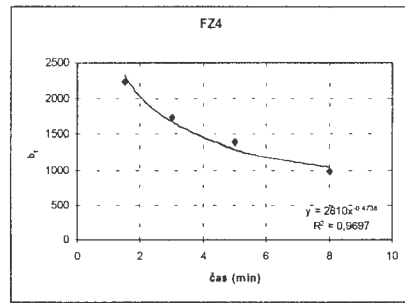
Okrem samotného zisťovania hodnôt koeficientu tepelnej akumulácie b_f sa sledoval aj vplyv času tepelného pôsobenia na akumuláciu schopnosť formovacej zmesi, tj ako sa mení hodnota koeficientu α pri rôznej dobe tepelného ovplyvnenia formovacej zmesi pri jej rovnakom zhustení. Táto závislosť sa sledovala u dvoch vybraných zmesí FZ3 a FZ4.

Z priebehu závislostí znázornených na grafe č.2 (FZ3) a na grafe č.3 (FZ4) vyplýva, že hodnota b_f s rastúcou dobou tepelného ovplyvnenia klesá, čo potvrdzuje, že v procese ochladzovania odliatok vo forme sa menia jej akumulácie vlastnosti.

Z porovnania zmesí FZ1 a FZ2 vyplýva, že pri rovnakej granulometrii ostriva a pri použití rovnakého spojiva bez uhlikatej prísady zmes s vyšším obsahom vody má lepšiu akumuláciu schopnosť, tj. vyššiu hodnotu koeficientu tepelnej akumulácie ako zmes s nižším



Graf č. 2. Závislosť času tepelného ovplyvnenia
Fig. 2. Dependence b_f on time of heat influence



Graf č. 3. Závislosť b_f na čase tepelného ovplyvnenia
Fig. 3. Dependence b_f on time of heat influence

obsahom vody. Percentuálne to predstavuje 16 %-ný rast koeficientu b_f zmesi s vyšším obsahom vlhkosti (FZ1). Takisto rôzne hodnoty koeficientu sa dosiahli pri použití ostriva rôznej granulometrie pri zachovaní rovnakej vlhkosti a rovnakého spojiva bez uhlikatej prísady (porovnanie zmesí FZ2 a FZ3). Percentuálny nárast hodnoty b_f je však nižší oproti predchádzajúcemu prípadu a činí 9,4% v prospech zmesi s jemnejším ostrivom. Z toho vyplýva, že zmena vlhkosti vplýva na prestup tepla výraznejšie ako zmena granulometrie.

Z porovnania zmesí s rovnakou granulometriou ostriva a s rovnakým obsahom vlhkosti (FZ2 a FZ4) vyplynulo, že zmes so spojivom, ktoré obsahuje uhlikatú prísadu, dosahuje vyššiu hodnotu koeficientu b_f oproti zmesi so spojivom bez uhlikatej prísady.

U zmesí, pri ktorých bolo použité spojivo s uhlikatou prísadou a ostrivo rovnakej granulometrie (FZ4 a FZ5), sa zmena vlhkosti zmesi výraznejšie neprejavila a koeficienty b_f u týchto zmesí dosahovali približne rovnaké hodnoty.

Ak porovnáme zmesi s rovnakou granulometriou ostriva a s rovnakým obsahom vlhkosti, u zmesi so spojivom, ktoré obsahuje uhlikatú prísadu (FZ4) sa dosiahla o 5% vyššia hodnota koeficientu b_f oproti zmesi so spojivom bez uhlikatej prísady (FZ2).

Porovnanie zmesi FZ7 (zmes s vodným sklom) s bentonitovou formovacou zmesou, ktorá spomedzi týchto zmesí dosahuje najnižšie hodnoty koeficientu b_f (FZ2) ukazuje, že koeficient b_f zmesi FZ7 má hodnotu vyššiu o 23,17% ako zmes FZ2 a v porovnaní s bentonitovou zmesou, u ktorej bol koeficient b_f najvyšší spomedzi bentonitových zmesí (FZ1), dosahuje koeficient b_f zmesi FZ7 hodnotu vyššiu o 10,8% ako u FZ1.

10. Záver

Z meraní vyplýva, tak ako sa predpokladalo, že na tepelno-akumulačné vlastnosti zmesi má podstatný vplyv zmena vlhkosti zmesi, takisto zmena granulometrie ostriva a v neposlednom rade aj zmena spojiva a prídavných látok do formovacích zmesí. Tento fakt je možné efektívne využiť pri zostavovaní zmesí s požadovanými tepelno-akumulačnými vlastnosťami.

Výsledky práce ukázali, že kalorimetrická metóda je vhodná na zisťovanie tepelno – akumulčných vlastností formovacích zmesí a po ďalších testovacích experimentoch a odstránení

určitých nedostatkov ovplyvňujúcich presnosť merania bude ďalej využívaná za účelom rozšírenia databázy termofyzikálnych vlastností materiálov tvoriacich zlievarenskú formu.

Použitá literatúra

- [1] Havlíček, F. – Kapitoly z teplofyziky odlitku a formy (skriptá), VŠB Ostrava, 1966;
- [2] Vetiška, A. – K problematice kalorimetrického zjišťování tepelně – akumulačních vlastností formy, Slévarenství XXII, (1974), č.1, s. 13-17
- [3] Fodor, M. – Diplomová práca, KMŽaZ, TU-HF, Košice, 1999

Recenzował: prof. Antoni W. Orłowicz