

# Karakterizacija ognjevdržnih materialov - opredelitev temperature uporabnosti

## Characterisation of Refractory Materials - Assessment of Service Temperature

M. Kovačević<sup>1</sup>, Nada Vižintin, Zavod za gradbeništvo-ZRMK, Ljubljana

Prejem rokopisa - received: 1995-10-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 1995-12-22

*Ognjevdržni materiali se razlikujejo po kemični, mineraloški in granulometrični sestavi ter po načinu oblikovanja. Glede na posamezne fizikalne in termične lastnosti ugotovljamo uporabnost materiala. Opredelitev temperature uporabnosti ognjevdržnega materiala je odvisna od posameznih lastnosti materiala in od mesta njegovega vgrajevanja. Vrednotenje materiala oziroma izdelkov le na osnovi posameznih lastnosti ni zadostno. Uporabo ognjevdržnega materiala je možno opredeliti le na osnovi kompletnih preskušanj za določen namen. Podan je pregled potrebnih preskušanj lastnosti za gosto oblikovane in izolacijske (lahke materiale) ter način vrednotenja.*

*Ključne besede: ognjevdržni materiali, lastnosti, preskušanja, temperatura uporabe*

*Refractory materials differ with regard to their chemical, mineralogical and grain size composition as well as method of shaping. Their applicability can be established on the basis of several physical and thermal properties. Service temperature of refractory materials depends on several material properties and location of installation. Evaluation of materials or shaped products on the basis of their particular properties only is not sufficient. The assessment of maximal service temperature can be made after a careful analysis of the complete tests for a given material and purpose of application is performed. A survey of necessary tests for dense shaped and insulating (lightweight materials) and methods of evaluation are presented.*

*Key words: materials, refractories, properties, testing, service temperature*

### 1 Uvod

Med ognjevdržne materiale, ki se uporabljajo za obloge v raznih pečeh in drugih toplotnih objektih, spadajo materiali, pri katerih je temperatura zmečkaišča nad 1500°C, to je nad SK 17. Za preskušanje ognjevdržnih materialov in razvrstitev po kakovosti so pri nas še vedno veljavni standardi JUS, ki so bili v večji meri usklajeni z ISO.

Ognjevdržne materiale razdelimo v skupine glede na temperaturo zmečkaišča ter kemično in mineraloško sestavo.

### 2 Razvrstitev ognjevdržnih materialov

#### 2.1 Razvrstitev ognjevdržnih materialov glede na temperaturo zmečkaišča (ognjevdržnost)

Metoda preskušanja je po JUS B.D8.301, razvrstitev pa po JUS B.D6.100. Oba standarda sta usklajena z ISO.

Razvrstitev materialov:

- ognjevdržni: 1500 do 1700°C
- visoko ognjevdržni: 1700 do 2000°C
- zelo visoko ognjevdržni (specialni): nad 2000°C.

#### 2.2 Razvrstitev ognjevdržnih materialov po kemični sestavi oziroma po vsebnosti posameznih oksidov

Razvrstitev materialov je podana po JUS B.D6.201, ki je usklajen z ISO 1109.

**Visoko aluminatni materiali:** vsebnost  $Al_2O_3$  je nad 56% (m/m) pri skupini I in med 45 in 56% (m/m) pri skupini II. Glede na mineraloško sestavo oziroma na sestavo osnovnih surovin razvrstimo materiale še v mulitne, korundne in druge.

**Šamotni materiali:** vsebnost  $Al_2O_3$  je med 30 in 45% (m/m).

**Nizko aluminatni (pol-kisli):** vsebnost  $Al_2O_3$  je med 10 in 30% (m/m) in vsebnost  $SiO_2$  do 85% (m/m).

**Silikatni:** vsebnost  $SiO_2$  je med 85 in 93% (m/m).

**Silicijdioksidni:** vsebnost  $SiO_2$  je nad 93% (m/m).

**Bazični:** kjer je vsebnost MgO v magnezitni materialih nad 80% (m/m), v magnezitno-kromitnih med 55 in 85% (m/m), v krom-magnezitnih med 25 in 55% (m/m) ter v kromitnih  $Cr_2O_3$  nad 25% (m/m). Med bazične materiale spadajo tudi materiali na osnovi forsterita in dolomita.

**Specialni materiali:** v to skupino spadajo materiali na osnovi ogljika, grafita, cirkona, silicijevega karbida, nitridov, borida in izdelki na osnovi drugih oksidov, razen bazičnih.

#### 2.3 Razvrstitev ognjevdržnih materialov glede na način oblikovanja in poroznost

Po JUS B.D6.101 in 210, ki sta usklajena z ISO 2245 in 2246, razdelimo materiale glede na surovine in proiz-

<sup>1</sup> Mag. Mihaela KOVAČEVIĆ, dipl.inž.kem.tehn.  
Zavod za gradbeništvo - ZRMK  
1000 Ljubljana, Dimičeva 12

vodnjo v oblikovance in mase. Mase nadalje razdelimo v betone in razne plastične mase. Glede na gostoto oziroma poroznost razdelimo ognjevdržne materiale v gosto oblikovane (težke) in lahke (izolacijske). V izolacijske materiale spadajo tisti, pri katerih je skupna poroznost večja kot 45%. Med nje spadajo še tisti, izdelani na osnovi keramične volne, katerih sestava in uporaba je različna.

### 3 Preskušanje ognjevdržnih materialov

Dobro poznavanje materialov je osnova za pravilno opredelitev mesta vgradnje in temperature pri uporabi. Zato je potrebno pri oblikovancih in masah poznati:

kemijsko sestavo

mineraloško sestavo

teksturo materiala

granulometrično sestavo

(pri masah) tehnološke lastnosti (sušenje, žganje)

fizikalne lastnosti:

- upogibno in tlačno trdnost
- prostorninsko maso
- obrabo
- skrček pri sušenju in žganju
- dodatni skrček pri temperaturi uporabe
- dilatacijo( $\alpha$ )
- zmeščišče, SK vrednost
- upogibno trdnost pri visokih temperaturah
- obstojnost pri visokih temperaturah pod obremenitvijo in časovnim vplivom
- obstojnost pri temperaturnih spremembah
- obstojnost pri vplivu atmosfere
- obstojnost na kemikalije in žlindre
- izolacijske lastnosti (toplotna prevodnost).

Metode preskušanja so podane v **JUS B.D8.100,200,300 - ISO, DIN.**

### 4 Določitev (ugotovitev) temperature uporabe

Za pravilno določitev namena uporabe (temperature uporabe, mesto vgradnje) ognjevdržnih materialov: oblikovancev, nabijalnih mas, betonov, izolacijskih materialov, je *potrebno poznavanje vseh prej naštetih lastnosti. Temperatura uporabe materialov je odvisna od posameznih vrednosti za navedene lastnosti.*

Izbira materiala samo po kemični sestavi oziroma vsebnosti  $Al_2O_3$  je pomanjkljiva. Pomembno je tudi poznati mineraloško sestavo (vsebnost korunda, mulita), gostoto materiala, naknadne skrčke, mehanske trdnosti. Od vrednosti teh lastnosti je odvisna obstojnost ognjevdržnega materiala.

#### 4.1 Preskušanja za določitev oziroma ocenitev temperature uporabe

Za ocenitev temperature uporabe je potrebno narediti vsaj naslednja preskušanja:

- zmeščišče (SK vrednost)
- dodatni skrček
- obstojnost pod pritiskom v odvisnosti od temperature
- obstojnost pod pritiskom (različno) pri konstantni temperaturi in odvisnosti od časa.

Za ocenitev temperature uporabe ni zadostna samo ugotovitev SK vrednosti!

##### 4.1.1 Težki-gosti materiali

Za določitev klasifikacijske temperature ugotovimo dodatni linearni skrček (v območju temperature uporabe) in obstojnost pod pritiskom v odvisnosti od temperature.

Za ugotovitev dodatnega skrčka segrevamo material od 12 do 24 ur pri temperaturi uporabe.

Dovoljeni linearni skrček je: za predhodno žgane oblikovance 0%, za goste in lahke betone 1,5%, za "Ram" mase 2% in za plastične nabijalne mase 3%.

Pri preskušanju materialov na obstojnost pod pritiskom pri visokih temperaturah je obremenitev različna. Pri preskusu ugotovimo vrednosti:  $T_{0,5}$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_5$ , to je skrček (posedanje) od najvišje točke (raztezka) pri segrevanju.

Za navedena preskušanja morajo biti mase, betoni predhodno odžgani na določeni temperaturi z zadrževanjem pri tej temperaturi pet ur.

Klasifikacijska temperatura je tista, pri kateri je dodatni skrček v dovoljenih mejah in je vrednost  $T_2$  pri temperaturi, ki je enaka ali višja od te temperature. Klasifikacijska temperatura ni vedno oziroma ni temperatura uporabe.

Drugi faktorji, ki vplivajo na pravilno ocenitev temperature uporabe so: hitrost in način naraščanja skrčka (padanje krivulje) pri preskušanju obstojnosti pod pritiskom v odvisnosti od temperature, maksimalni raztezki pri segrevanju, obstojnost pod pritiskom pri konstantni, izbrani temperaturi v odvisnosti od časa. Upoštevati moramo tudi zunanje vplive, kot so: obremenitev v peči, atmosfera, vpliv talin, žlinder.

##### 4.1.2 Izolacijski materiali

Pri oblikovanih in predhodno žganih izdelkih določamo klasifikacijsko temperaturo z ugotavljanjem dodatnega linearnega skrčka. Preskušanece žgemo 24 ur pri določeni temperaturi (ocenjeni temperaturi uporabe). Klasifikacijska temperatura je tista, pri kateri je linearni skrček manjši kot 2%. Klasifikacijska temperatura ni temperatura uporabe! Dejansko pa krčenje po 24 urah še ni končano, traja lahko še 100 ali več ur.

Temperatura uporabe je vsaj od 50 do 100°C nižja, odvisno od mesta uporabe.

Za bolj realno ocenitev temperature uporabe so potrebna dodatna preskušanja:

- obstojnost pod pritiskom v odvisnosti od temperature (obremenitev  $0,05 \text{ N/mm}^2$ )
- obstojnost pod pritiskom pri konstantni izbrani temperaturi v odvisnosti od časa (obremenitev  $0,02, 0,1, 0,3 \text{ N/mm}^2$ ).

Temperatura uporabe naj bi bila tista, pri kateri je hitrost krčenja pod  $0,01 \text{ \%}/\text{h}$ . Tudi pri izolacijskih materialih moramo, za bolj natančno ocenitev temperature uporabnosti, upoštevati podatke in zunanje vplive kot smo jih navedli v točki 4.1.1.

## 5 Sklep

Iz navedenih dejstev je razvidno, da je za pravilno ocenitev uporabnosti in izbor ognjevdržnega materiala

nujno narediti vsa preskušanja, ki lahko zagotovijo varno izbiro materiala. V praksi se večkrat dogaja, da se material izbira le na osnovi ene ali dveh lastnosti. Zaradi tega pride npr. do prehitrega propadanja obloge in do velikih poškodb v pečeh in drugih toplotnih objektih.

## 6 Literatura

- <sup>1</sup> Standardi: JUS B.D8.300 do 330, DIN 51010 do 51070, ISO 1109, 1127, 2245, 2246
- <sup>2</sup> PRE Refractory Materials-Recommendations 1990 - Federation Europeenne des Fabricants de Produits Refractaires, Zürich
- <sup>3</sup> Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 913, 912, 917 - 1984
- <sup>4</sup> Harges/Kienow: Feuerfestkunde - Herstellung, Eigenschaften und Verwendung feuerfester Baustoffe, Springer-Verlag 1960
- <sup>5</sup> J. H. Chesters: Refractories: Production and Properties, The Metals Society London 1983