

## Uporaba kemično vezanih mas za žlebove jeklarskih peči

*Da bi se zmanjšale možnosti onečiščenja jekla pri izlivanju iz peči so bile pripravljene mase za oblogo žlebov in drugih delov peči na podlagi magnezita s kemično vezavo. Uporaba teh mas v praksi je pokazala, da je obraba monolitne obloge minimalna, s tem pa je možnost nastajanja ekso-genih vključkov iz žlebu znižana na minimum, obenem pa je vzdrževanje žlebov zelo poenostavljeno. Poraba mase v žlebovih je približno 0,36 kg/t ali 0,9 din/t jekla. Stroški so približno trikrat nižji, kot pri izzidavi z opeko. Na podlagi tega so vsi žlebovi pri električnih obločnih pečeh na Ravnah bili v 1969. letu že izzidani z maso, na Jesenicah pa za začetek pri martinovkah, kjer je bilo žlebove lažje pripraviti.*

### UVOD

Pri ugotavljanju izvirov eksogenih nekovinskih vključkov v nekaterih jeklih smo z vgraditvijo izotopa cirkonija v šamotne opeke za ponev, v šamotno cevno opeko za vlihanje jekla in v kislom maso za oblaganje izlivnega žleba peči ugotovili, da je prišel sicer količinsko največji del teh vključkov v jeklo iz ponve, relativno zelo velik del pa je izviral iz izlivnega žleba<sup>1</sup>.

Ko smo iskali možnosti za zmanjšanje količine eksogenih ali sekundarnih nekovinskih vključkov v jeklu, smo pripravili za ponev opeko na podlagi korunda s približno 85 %  $Al_2O_3$ , ki smo jo prav tako aktivirali s cirkonijevim izotopom. Opeka je imela izvrstne lastnosti, njena poroznost je bila pod 18 % in mehanska tlačna trdnost 1500 kp/cm<sup>2</sup>. Pri preizkusu v 45 t ponvi pri električni obločni peči na Ravnah je vzdržala 48 šarž, kar je bil prav dober rezultat glede na to, da je bila njena debelina le 90 mm namesto 150 mm, kot pri običajni izzidavi. Pri meritvah količine vključkov iz ponve se je dalo ugotoviti, da je bilo teh približno 3 krat manj kot pri običajni izzidavi s šamotno opeko. Vključki iz žleba pa so bili v jeklu v običajni količini. Da bi odpravili tudi te, smo predlagali, naj se poskusi izzidati izlivni žleb z bazično maso, kakršno smo pripravili za izzidavo dna jeklarskih peči.

Pri opazovanju obnašanja kisle mase, s katero se običajno obloga žleb, smo ugotovili, da se med sušenjem ne utrdi, temveč da ostane sipka in jo talina močno odplavlja s seboj v ponev.

Vsa masa, ki je bila pred prebodom v žlebu, je bila po končanem izlivanju jekla iz peči v ponev temeljito vmešana v jeklu, nastali vključki pa so bili steklasti.

### POSKUSNE MASE

Da bi nadomestili kisle mase z bazičnimi, smo sestavili večje število poskusnih mas na podlagi magnezita, gline in kemičnih veziv na podlagi polifosfatov. Ob tem smo posvečali veliko pozornosti predvsem granulometrični sestavi mas, temperaturi spekanja mas in njihovi odpornosti proti raznim talinam.

Po premisleku o načinu oblaganja žlebov smo prišli do sklepa, da bi morali pripraviti vsaj dvojne različnih mas. Ena naj bi bila primerna za izdelavo monolitne obloge žleba v debelini 30 do 50 cm, kot so bili žlebovi izzidani z opeko, druga pa naj bi bila primerna za krpanje poškodb na žlebu in za pripravo zaščitne prevleke prek podlage.

Naloga zaščitnega premaza naj bi bila dvojna: preprečil naj bi obrabo osnovne mase, če pa bi bilo treba žleb čistiti zaradi ostankov žlindre, naj bi se dal z lahkoto odluščiti od podlage z žlindro vred. Kvaliteta te zaščitne plasti pa bi morala biti takšna, da bi jo kljub majhni debelini tekoče jeklo ne odplavilo v ponev. Kemična odpornost proti delovanju žlinder je pri magnezitnih materialih zelo dobra, zato smo hoteli pripraviti mase tako, da bi bila njihova glavna komponenta sintermagnezit. Težave pa so bile predvsem v tem, ker je bilo treba najti najprimernejše vezivo, ki bi že pri sušenju dalo masi zadostno odpornost proti eroziji in bi se ne zmečkala pri visokih temperaturah, pri katerih se jeklo preliva prek žleba.

### 1. Laboratorijski poskusi

Na podlagi že prej izdelanih študij o lastnostih bazičnih mas<sup>2</sup> in preiskav lastnosti raznih proti ognju odpornih gradiv, smo pripravili večje število poskusnih mas, ki smo jih preskusili glede na njih mehansko odpornost po termični obdelavi pri različnih temperaturah, določili pa smo tudi njihovo odpornost proti delovanju raznih talin pri temperaturah do 1700° C.

Nekatere od preskušanih mas smo izbrali za nadaljnje raziskave in zbrali njihove glavne karakteristike v sledeči tabeli 1:

Tabela 1: Karakteristični podatki o lastnostih preskusnih mas

| Oznaka  | Zrnatost v mm |     |     | dodatki % |        | termična obdelava °C | mehanska trdnost kp/cm <sup>2</sup> |
|---------|---------------|-----|-----|-----------|--------|----------------------|-------------------------------------|
|         | -0,1          | 0-6 | 0-2 | glina     | vezivo |                      |                                     |
| MF 1 G  | 25            | 40  | 20  | 10        | 5      | 100                  | 190                                 |
|         |               |     |     |           |        | 1000                 | 210                                 |
|         |               |     |     |           |        | 1420                 | 340                                 |
|         |               |     |     |           |        | 1680                 | 360                                 |
| MF 2 G  | 30            | 40  | 20  | 5         | 5      | 100                  | 180                                 |
|         |               |     |     |           |        | 1000                 | 165                                 |
|         |               |     |     |           |        | 1430                 | 330                                 |
|         |               |     |     |           |        | 1680                 | 460                                 |
| MF 12 F | 30            | —   | 55  | 10        | 5      | 100                  | 240                                 |
|         |               |     |     |           |        | 1000                 | 300                                 |
|         |               |     |     |           |        | 1430                 | 480                                 |
|         |               |     |     |           |        | 1680                 | 600                                 |
| MF 15 F | 30            | —   | 65  | —         | 5      | 100                  | 80                                  |
|         |               |     |     |           |        | 1000                 | 100                                 |
|         |               |     |     |           |        | 1430                 | 220                                 |
|         |               |     |     |           |        | 1680                 | 490                                 |
| MF 17 F | 30            | —   | 60  | 5         | 5      | 100                  | 200                                 |
|         |               |     |     |           |        | 1000                 | 180                                 |
|         |               |     |     |           |        | 1430                 | 380                                 |
|         |               |     |     |           |        | 1680                 | 550                                 |

Pri granulometriji smo se držali osnovnih teoretskih pravil<sup>3</sup>. Ta pravila povzamemo na kratko v sledečem poglavju.

## 2. Osnovna pravila granulometrije

V proti ognju odpornih gradivih so zrnati materiali navadno nepravilne ostrorobe oblike, ki se dobro zagostijo med seboj in se zato tudi ob majhnih količinah veziva lahko dobe velike trdnosti. Za teoretsko obravnavanje pa so take oblike zrn zelo neprimerne, zato so si pri študijah pomagali z modeli krogličnih oblik.

Ce se sestoji masa iz kroglic ene same velikosti, so prostori med njimi 4 ali 3 ogelni. Največje možno število medsebojnih dotikališč krogel je 12 (koordinacijsko število 12), navadno pa dosežejo največkrat le število 7. Če se masa stresa in vibrira, je možno doseči lahko koordinacijsko število 8.

Premer krogel pa določa tudi velikost praznin med njimi. Kolikor finejše so kroglice, toliko finejše so tudi pore med njimi. Pri enaki absolutni vrednosti za poroznost je lahko pri eni sami masi velikost por večja, pri drugi pa manjša. Velikost por pa odločilno vpliva tudi na penetracijo taline v maso. Izbrati je treba tako velikost, da kapilarne sile ne pospešujejo penetracije, pore pa morajo biti tudi dovolj fine, da talina ne more prelahko prodirati vanje zaradi hidrostatske sile.

Pri izbiri dveh velikosti kroglic se gostota močno poveča, ker manjše zapolnijo prostore med večjimi. Razmerje med premeroma obeh vrst kroglic mora biti 1:50. Eksperimenti na podlagi računov so pokazali, da lahko s kroglicami dveh velikosti dosežemo koordinacijska števila 6 do 8 in poroznosti do 20 %. Takšna zmes vsebuje 70 % grobih in 30 % finih kroglic v razmerju  $R_1 : R_2 = 1 : 50$ . Pri masi iz kroglic ene same vrste lahko dosežemo največjo poroznost ca. 26 %. Pri uporabi treh vrst kroglic, lahko dosežemo že poroznost 6,18 %, če ima zmes koordinacijsko število 8 in če so razmerja med kroglicami 64,45 %  $R_1$ , 25,25 %  $R_2$  in 10,07 %  $R_3$ .

Zaradi zelo nepravilne oblike keramičnih zrn pa naj bi sledila po Andreasenu razporeditev zrn geometrični vrsti. Količine posameznih granulacij morajo biti v soglasju z razmerjem:

$$\frac{dm}{m} \cdot b = \frac{dR}{R}$$

kar pomeni, da mora biti relativna sprememba količine v konstantnem razmerju  $q$  s spremembo radija. Po integraciji izraza dobimo:

$$m_R = \left( \frac{R}{R_{\max}} \right)^q \cdot q$$

in to je razporeditvena krivulja gostega krogličnega polnjenja. Polnjenje bo tem boljše, čim manjši je  $q$ . Na podlagi teh predpostavk sta Fuller in Thompson<sup>4</sup> določila najboljše sestave zrn za betonske mešanice.

Na podlagi krogelnega modela pa je Litzow<sup>5</sup> tudi eksperimentalno določil pravila za sestavo optimalne zmesi granulacij, s katero dobimo najboljšo poroznost proti ognju odpornih mas.

Pri eksperimentiranju s 3 granulacijami:

a 2 do 5 mm

b 0,25 do 2 mm

c pod 0,25 mm

je dosegel izraziti maksimum gostote zmesi po stresanju mase.

Do podobnih rezultatov so prišli tudi drugi avtorji in za prakso poenostavljena pravila za doseg dobre gostote keramičnih mas pravijo, da naj bodo le-te sestavljene tako, da bo medsebojno razmerje grobih, srednjih in finih frakcij 52:11:37 delov, velikosti zrn pa naj se med seboj razlikujejo v razmerjih med 1:5 do 1:7. Menijo, da so fine frakcije do 0,2 mm, srednje od 0,2 do 1 ali 1,5 mm, vse druge debelejšje frakcije pa so grobe. Največja zrna naj bi ne bila večja od 1/10 debeline opeke ali monolitne plasti proti ognju odporne obloge. Navadno pripravljajo mase za nabijanje v granulacijah do 8 mm, za opeko pa do 5 mm.

### 3. Sestava poskusnih mas

Na podlagi navedenih predpostavk in tudi na podlagi poskusov z različnimi masami<sup>6</sup> smo pripravili nabijalne mase v sledeči granulometrični sestavi:

|                |          |
|----------------|----------|
| nad 5 mm       | 3—6 %    |
| od 5 do 3 mm   | 15—20 %  |
| od 3 do 1 mm   | 15—20 %  |
| od 1 do 0,5 mm | 15—20 %  |
| pod 0,5 mm     | 40—50 %, |

v tej količini pa je vsaj 1/3 moke pod 0,1 mm.

Fine frakcije v masi močno vplivajo na to, kako se da maso nabijati, kolikšno mehansko trdnost pridobi in kakšna je njena gostota. Premalo moke v masi je navadno vzrok slabe odpornosti proti obrabi in proti penetraciji taline v globino obloge. Masa mora vsebovati tudi grobe frakcije, ker te zboljšujejo termično obstojnost mase in kot armatura povezujejo maso v trdno celoto.

Pomanjkanje katerekoli skupine zrn v masah lahko zelo kvarno vpliva na njih življenjsko dobo in povzroča težave pri vgradnji. Slabo sestavljene mase ne morejo bistveno popraviti niti dodane komponente za vezavo, bodisi kemične, ali pa keramične.

Kemična sestava mas temelji na uporabi sintermagnezita kot glavne komponente, in nekaterih veziv, ki pospešujejo sintranje mase in vežejo maso še v surovem stanju, takoj po sušenju. Teh dodatkov je v masi 7 do 10 %. Temeljne komponente so proti ognju odporne gline in zmes polifosfatov, ki začno kemično vezati maso že med sušenjem. Mehanska trdnost mase je bila v suhem stanju že zelo dobra, kot lahko razberemo iz tabele 1, trdnost pa je skoraj vedno naraščala z višanjem temperature. Nekaj izjemnih rezultatov z manjšo trdnostjo pri višji temperaturi so bili najbrž posledica napak v epruveti sami.

### 4. Poskusi v industrijskem obsegu

Na podlagi poskusov v malem obsegu smo pripravili večje količine mas za preskus v praksi. Najprej smo preskusili mase za zaščitni premaz žleba pri 30 t električni obločni peči na Ravnah. Premaz je bil tako sestavljen kot masa MF 12 F na tabeli 1. Pri premazu smo lahko videli, da se je zelo hitro posušil od izžarevane toplote oboka med šaržiranjem peči, pri tem pa ni razpokal, dobil je pa dovolj veliko trdnost, da ga talina med izlivanjem v ponev ni prav nič odplavila. Po končanem izlitju je ostal premaz v glavnem nepoškodovan, le pri odstranjevanju ostankov žindre z drogom se je na nekaterih mestih poškodoval. Ta mesta smo ponovno premazali in popravljeni premaz je zdržal še nekaj šarž. Podlaga, na katero smo nanašali premaz, je bila pri tem močno izrabljena in globokih jam nismo mogli povsem izravnati, ker bi postala plast premaza predebela. Na podlagi teh rezultatov

smo se odločili, da pripravimo maso za nabijanje celotnega žleba pri 45 t EP in primerno količino mase za premaz.

Ti dve masi smo pripravili v začetku maja 1969 in po vgradnji je žleb obratoval 120 šarž, ali v celotni kampanji peči. Le na vsake 3 do 4 šarže smo morali nanesti novo plast premaza, ki se je poškodoval predvsem zaradi čiščenja žleba ostankov žindre. Pri beli žindri pa žleba ni bilo treba čistiti, ker je ta žindra zaradi večje količine dikalcijevega silikata sama razpadla v fin prah in se je dala izpihati iz žleba. Vse manjše poškodbe se je dalo popravljati z maso za premaz, katere so porabili med vso kampanjo približno 500 kg.

Vgradnja mase je bila v skladu z našimi predpisi. Maso je bilo treba nabijati v pol suhem stanju, ki je imela približno 6—7 % vlage. Po končanem nabijanju in odstranitvi modela so maso lahko hitro posušili s plinskim gorilnikom. Pogoji pa je bil, da se presuši celotna obloga, ne le površina mase. Le tedaj se je masa dobro utrdila po vsej debelini. Posušeni žleb je bil tako trden, da je ob udarcu s kladivom zazvonil. Površine so bile povsem gladke in brez razpok. Premaz smo nanесли še po drugi šarži, ko se je žleb ohladil pod 100° C, drugače se mokra masa zaradi razvijanja pare ne prime na podlago.

### REZULTATI POSKUSA

Pri prvem poskusu smo ugotovili, da je bila nabijalna masa zadovoljivo dobra in je zdržala toliko kot smo pričakovali. Masa za premaz se je nekoliko premočno oprijela podlage, zato smo njeno sestavo spremenili, da se je temperatura sintranja nekoliko zvišala. Novi masi smo spremenili tudi oznako, in pri naslednjih poskusih smo uporabljali maso MF 17 (glej tabelo 1).

Naredili smo še nekaj poskusov na Jesenicah pri martinovkah in pri električnih obločnih pečeh. Tam uspehi v začetku niso bili zadovoljivi, vendar ne zaradi mase, ki je bila prav takšna kot na Ravnah, temveč zaradi neprimerne načina termične obdelave gotove obloge žleba. Pri martinovki ni bilo dovolj časa, da bi se žleb primerno osušil, pri elektropeči pa ni bilo gorilnika. Vedno je bila masa pri prvem prebodu še vlažna in zato brez primerne mehanske odpornosti. Med prvim izlivanjem jekla prek tako pripravljenega žleba se je masa zelo hitro osušila na površini, v notranjosti pa ni vezala. Ko se je skorja poškodovala zaradi čiščenja žleba ostankov žindre, se je masa začela krušiti in žleb ni zdržal tako, kot bi moral, če bi bil pravilno pripravljen. Kljub temu je pri 6. peči zdržal poskusni žleb 50 šarž, pri 7. peči pa drugi poskusni žleb 110 šarž, le z malenkostnimi popravili z zaščitno maso predvsem ob koncu žleba, kjer je bil največkrat poškodovan med različnimi manipulacijami z žerjavom. Pri elektropeči je žleb prav tako zdržal 88 šarž, ali 12 šarž več, kot

je znašala njena kampanja. S poskusi smo pri električnih pečeh prenehali, dokler ne bo pripravljena napeljava za mazut, da se bo dalo maso v žlebu pred obratovanjem temeljito osušiti. Vgradnja mase pri martinovkah je sedaj že vpejlana in žlebovi zdrže najmanj 120 do 150 šarž ob primerni vgradnji, sušenju in vzdrževanju z maso. Pri tem pa je zelo pomembno, da je dno peči pred prebodno odprtino v dobrem stanju, da vsa talina dobro odteče in je ni treba izpihavati s kisikom.

## EKONOMSKA UTEMELJITEV UPORABE MAS

Ob uporabi mas smemo predvsem računati z zmanjšanjem sekundarnih nekovinskih vključkov v jeklu, poleg tega pa je pomemben tudi prihranek pri stroških izzidave. Namesto da bi zidali žleb z opeko vsakih 3 do 5 dni, včasih še pogosteje, zadostuje, da z nabijalno maso naredimo žleb približno enkrat mesečno. Poraba mase za premaz in manjša popravila pa je tudi majhna. Na podlagi podatkov za 45 t elektropeč na Ravnah smo izračunali sledečo primerjavo stroškov za izzidavo žleba za eno kampanjo peči:

### 1. Poraba materialov za 1 izzidavo žleba:

- a) 1000 kg nabijalne mase po 2,50 din/kg  
2500.— din
- b) 1000 kg opeko »2« in »2L« po 1,30 din/kg  
1300.— din

Izzidava a) traja najmanj 6 krat dalj, kot izzidava b), razmerje stroškov za obe izzidavi je 2500:7800 din brez zidarskih stroškov, ali približno 1:3. Ob upoštevanju porabe zaščitne mase 1000 kg za kampanjo je razmerje med obema vrstama izzidave še vedno približno 1:2 v korist mas.

Pri poskusni kampanji na Ravnah je bilo narejenih 3800 t jekla, specifična poraba pa je bila 0,36 kg/t ali 0,9 din/t jekla. Pripominjamo, da so to le materialni stroški za maso, glavni prihranek pa bi se moral pokazati predvsem pri kvaliteti jekla. Poleg tega je po mnenju vodstva jeklarne še posebna prednost ulivanja prek z maso obloženega žleba tudi ta, da se lahko vzdržuje curek med vso kampanjo v zaželeni obliki, t. j., da ostane vedno enakomerno ozek in da jeklo ne brizga po ponvi, kot se to dogaja ob izrabljenem žlebu zaradi širokega, pahljačasto razširjenega curka.

Nadaljnja velika ugodnost izdelave žleba z maso je tudi ta, da en sam delavec lahko vzdržuje žlebove pri nekaj pečeh, ne da bi imel pretežno delo.

## SKLEP

Na podlagi do sedaj izvedenih poskusnih in rednih vgrajevanj mas v žlebove jeklarskih peči lahko pridemo do sledečih sklepov:

1. Kvaliteta mas je dovolj dobra, da lahko nadomesti zidano oblogo žleba in zagotovi najmanj 5-kratno življenjsko dobo žleba, če je bila pripravljena po izdelanih predpisih.

2. Izzidavo je treba narediti tako, da se masa pred obratovanjem temeljito posuši v vsej globini obloge. Po sušenju in predgrevanju mase je treba žleb ohladiti na približno 80° C, da se lahko nanese zaščitni premaz še pred prvim prebodom.

3. Čiščenje žleba je treba izvesti tako, da se mase ne poškoduje. Morebitne ostanke žlindre je treba odstraniti tako, da jih odlučimo skupaj s premazom od podlage, nikakor pa ne smemo razbijati po ostankih žlindre s težkimi kladivi od vrha.

4. Monolitno oblogo je treba izdelati s primer-no šablono, da dobi žleb najprimernejšo obliko. Popravljamo žleb lahko z nabijalno maso tako, da izkopljemo poškodovani del, nato pa zopet nabijemo maso ob primernem modelu. Manjša popravila površinskih poškodb lahko opravimo z zaščitno maso.

5. Ekonomski efekt se ne kaže le v manjših stroških za maso, temveč predvsem v kvaliteti jekla in manjših zidarskih stroških.

6. Mase je treba razvijati dalje, ker se lahko izdeluje tudi dno jeklarskih peči s podobnimi masami. Prvi poskusi so pokazali, da z maso napravljeno dno zdrži najmanj 15 dni brez popravila.

7. Pomembna se nam zdi tudi ta ugotovitev, da so vse surovine za izdelavo mas lahko dosegljive in vse komponente izdelujejo domače tovarne. S kemično tovarno v Hrastniku je dogovorjeno, da izdeluje kemično vezivo na bazi polifosfatov za potrebe vse industrije.

## Literatura

- 1. Muster J., Prešern A., Hodnik J.: »Preiskava korundne opeke in vpliv kvalitete opeke na oksidne vključke v jeklu«, Poročilo Metalurškega inštituta v Ljubljani, št. 716 (1969).
- 2. Muster J., Biček J.: »Uvedba popravila dna SM peči po metodi Baryšnikova«, Poročilo Metalurškega inštituta v Ljubljani, št. 558 (1967).
- 3. Harders F., Kienow S., Feuerfestkunde, Berlin (Göttingen) Heidelberg Springer Verlag 1960.
- 4. Fuller W. B., Thompson S. E. Proc. Amer. Soc. Civil Engr. Vol. 33, (1907), str. 222.
- 5. Litzow K.: Glastechnische Berichte, Bd. 8 (1930), str. 149—153.
- 6. Muster J., Ručigaj A.: »Priprava phalnih mas za visokofrekvenčne peči«, Poročila Metalurškega inštituta v Ljubljani, št. 680, (1968).
- 7. Muster J.: »Poskusi izdelave mas za oblogo vrat martinov«, Poročilo Metalurškega inštituta, št. 709, (1969).
- 8. Muster J.: »Priprava kemično vezanih mas za oblaganje žlebov jeklarskih peči«, Poročila Metalurškega inštituta v Ljubljani, št. 679/708, (1969).
- 9. Levin E. M., Murdie H. F., Hall F. P.: Phase Diagrams for Ceramists. The American Ceramic Society, Columbus, 1956.

10. Anon. »Republic develops new basic refractora bonding«, The Iron and Steel Engineer, October 1967.
11. Sheets, H. G., Bulloff J. S. in Dutchworth W. H.: »Phosphate Bonding for Refractory materials«. Batelle Memorial Institute, July 1958.
12. Muster J.: »Izdelava mas na bazi magnezita za žlebove

jeklarskh peči«, Poročila Metalurškega inštituta, Ljubljana, februar 1969.

13. Horošavin L. B., Djačkov P. N., Ponomarev B. V., Pivnik L. J., Bogatikova V. K.: »Izledovanje koncentracije fosfornoj kisloti na nekatore svojstva tonkomolotih ognepornih materialov«, Ogneupory 3, (1968), 40—44.

## ZUSAMMENFASSUNG

Um die Möglichkeiten der Verunreinigung des Stahles beim Abstich zu verringern, wurden chemisch gebundene Magnesit-Massen für die Ausmauerung der Abstichrinnen und anderer Ofenteile entwickelt. Die praktische Anwendung dieser Massen im Betrieb hat gezeigt, dass der Verschleiss der feuerfesten Verkleidung sehr gering ist. Dadurch ist die Möglichkeit der Entstehung exogener Einschlüsse vom Abstich auf ein Minimum reduziert, und die Instandhaltung der Abstichrinnen

sehr vereinfacht. Der Verbrauch der Feuerfesten Masse liegt bei rund 0,36 kg/t bzw. 0,9 din/t Stahl. Der Kostenaufwand ist rund dreimal niedriger wie bei der Ausmauerung mit den Schamottensteinen. Aus diesem Grund wurden im Jahr 1969 die gesamten Abstichrinnen bei den Lichtbogenöfen im Hüttenwerk Ravne mit dieser Masse ausgemauert. Im Stahlwerk Jesenice aber anfangs nur bei den SM Öfen, weil da die Zustellung leichter war.

## SUMMARY

Analysis of sources of nonmetallic inclusions by isotopes led to the conclusion that majority of inclusions come from the furnace spouts. In order to eliminate this source of inclusions special mixtures based on magnesite raw materials with chemical bonding in cold state which is transformed at about 1000°C into ceramic bonding were prepared for lining the spouts. A test lining on 45 ton electric arc furnace at Ravne showed that this mixtures stays at least one campaign of the furnace while the spout had to be renewed every 3 to 5 days before. Beside much smaller expenses of such a lining the advantage of this monolithic lining made of prepared mixtures is in reduction of

secondary inclusions, and in improved shape of the stream during the whole campaign as the spout shape can always be repaired with the mixture for repairing the spout. Test lining on open-hearth furnaces showed that monolithic lining stays 120 to 150 batches also on these furnaces, and that it is damaged mainly due to mechanical damages when spout is cleaned, and due to other operations around the furnace. Economical effect, counting only material expenses, is about 1:2 on behalf of the mixture. After completed tests all spouts of electrical arc and open-hearth furnaces in Ravne and Jesenice will be lined with the mixture. There the spouts are dried with suitable burners.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При изучении источников неметаллических включений при помощи изотопов утверждено, что большая часть этих включений обнаруженных в металле перешла из выливного жёлоба сталеплавильной печи. С целью чтобы устранить этот источник приготовлена специальная масса для жёлоба на базе сырья из магнетита. Футеровка укреплена с химическим вяжущим средством которое при 1000°C переходит в керамическое состояние. Опытная установка этой массы при 45 т. электрической дуговой печи на Металлургическом заводе в Равнах (Ravne) показала, что такая футеровка выдержала не менее одной кампании плавки, в то время как раньше надо было поправлять жёлоб в среднем каждые 3—5 дней. Кроме многих мелких расходов для облицовки

преимущество монолитной футеровки из таким образом приготовленной массы представляет также уменьшение количества второстепенных включений, улучшения формы струи во время всей кампании плавки, потому что форму жёлоба можно всегда поправить с отвечающей массой. Опытное употребление этой массы при мартеновской печи показало, что монолитная футеровка жёлоба выдержала 120—150 шихтов и что, повреждения обнаружены главным образом вследствие чистки жёлоба. Экономический эффект высчитан лишь из материальных расходов представляет отношение 1:2 в пользу монолитной массы. На основании этих опытов с этой массой облицовывают все жёлобы сталеплавильных печей в Равнах и на Есеницах (Jesenice) при чём их сушат с соответственными горелками.