

# Meranie dĺžky elektród elektrických oblúkových pecí (EOP)

Vladimír Vojvoda, Ján Šenšel

OFZ, a. s., Istebné, pôvodným názvom Kovohuty Istebné, začali vyrábať ferozliatiny v roku 1952. V minulosti zabezpečovali ferozliatinami celý hutnícky priemysel v bývalej ČSFR. Vo svojich dvoch závodoch v Istebnom a Širokej vyrába základné druhy ferozliatin na báze mangánu, kremika, chrómu a ďalšie komplexné ferozliatiny, práškové ferozliatiny, očkovačlá, modifikátory a plnené profily. Spoločnosť vlastní už od roku 1994 certifikát systému riadenia kvality podľa STN ISO 9002.

Prevažná časť produkcie (až 90 %) sa exportuje do krajín CEFTA a EÚ, najmä do ČR, Nemecka, Rakúska, Talianska a Poľska. OFZ patrí do skupiny desiatich najväčších exportérov Slovenska.

Od roku 1996 je OFZ pridruženým členom v európskej asociácii Euroalliances, ktorá združuje výrobcov ferozliatin z krajín EÚ.

Plnením náročného ekologického programu spoločnosť minimalizuje dopad ferozliatinárskej výroby na jednotlivé zložky životného prostredia. Výroba v OFZ, a. s., je plne v súlade so slovenskou a európskou legislatívou v oblasti životného prostredia.

Pece na výrobu ferozliatin v OFZ, a. s., Istebné sa podľa použitia delia na redukčné a rafinačné. V rozhodujúcej miere sa používajú redukčné. V týchto peciach sú elektródy ponorené v pevnej vsádke, ktorá obklopuje elektródy. Vsádka sa ohrieva teplom oblúka a Joulovým teplom, ktoré vzniká prechodom prúdu cez vsádku. Prúd cez elektródy sa reguluje, buď pohybom elektródy smerom nahor, resp. nadol, alebo prepínaním napätia transformátora.

Elektródy EOP na výrobu ferozliatin majú oveľa väčší priemer ako elektródy EOP určené na výrobu ocele. Preto vo výrobe ferozliatin sa používajú samospekateľné elektródy, podľa vynálezu nazývané ako Söderbergerove elektródy. Sú omnoho lacnejšie ako grafitové, ktoré sa používajú na oceliarskych EOP. Spekanie Söderbergerovej elektródy je spôsobené hlavne prechodom el. prúdu a vonkajším teplom z pece. Tepelný profil Söderbergerovej elektródy je naznačený na obr. 1.

V záujme optimálnej spotreby elektród a hlavne optimálneho chodu EOP je nutné poznať ponornú dĺžku elektród, a zároveň to, ako hlboko v peci je poloha konca elektródy.

Pod ponornou dĺžkou elektródy  $L$  rozumieme vzdialenosť od spodnej hrany napätového napájania (čelust elektródy) po spodný koniec elektródy. Elektróda je ponorená vo vsádke, a preto je veľmi ťažké

zistiť jej dĺžku, a najmä koniec. Elektródy počas chodu EOP sa v dôsledku pôsobenia elektrického oblúka skracujú. Na skracovanie majú vplyv aj chemické procesy v peci.

## Meranie dĺžky a polohy konca elektródy

Touto problematikou sa zaoberali viaceré renomované výskumné ústavy niekoľko desaťročí. Medzi najznámejšie a najviac rozpracované metódy patrí metóda rezonančná, ktorá využíva skutočnosť, že elektrický oblúk vysiela zvukové vlny. Tieto sa šíria vo vnútri elektródy a v jej pracovnej časti vyvolávajú vlastné kmitanie.

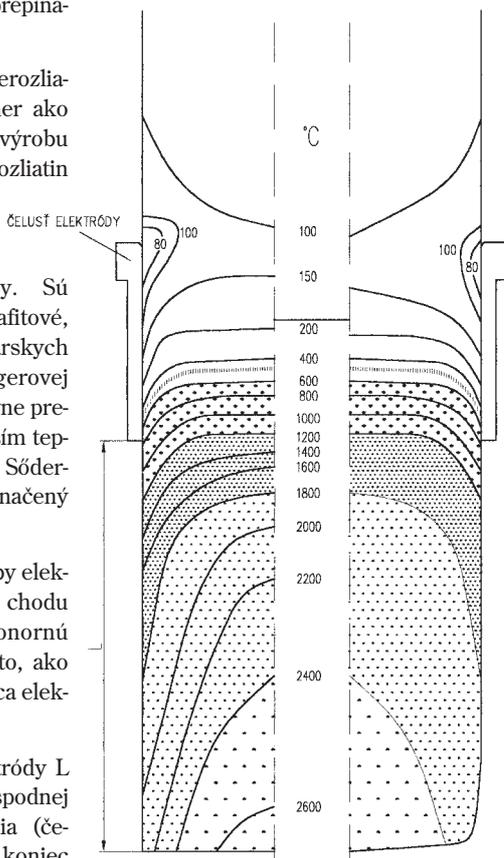
Dĺžku pracovnej časti  $S$  môžeme zistiť z nasledovného vzťahu:

$$S = \frac{kc}{2f}$$

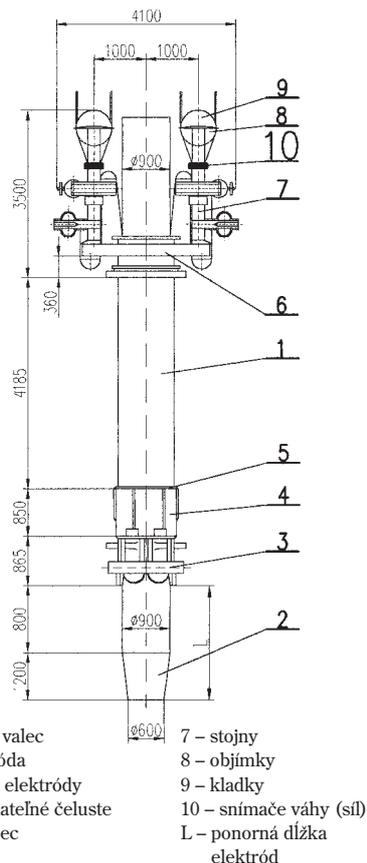
kde  $k$  je radové číslo príslušného vlastného kmitania,  
 $c$  – rýchlosť zvuku v danom materiáli,  
 $f$  – rezonančná frekvencia.

Vo vzťahu máme dve neznáme  $c$  a  $f$ .

Na základe experimentov je rýchlosť zvuku v elektróde cca 2100 m/s. Problémom je zistiť rezonančnú frekvenciu. Na jej určenie je potrebné do elektródy zabudovať teplotné senzory, a predovšetkým snímače zrýchlenia. Avšak pre náročnosť táto metóda nenašla veľké uplatnenie v praxi. Inou metódou merania konca elektródy je meranie napätia medzi elektródou a dnom pece.



Obr.1 Tepelný profil elektródy



- 1 – nosný valec
- 2 – elektróda
- 3 – držiak elektródy
- 4 – odnímateľné čeluste
- 5 – prsteneč
- 6 – rám
- 7 – stojny
- 8 – objímky
- 9 – kladky
- 10 – snímače váhy (síl)
- L – ponorná dĺžka elektród

Obr.2 Nosný valec s držiakom elektródy a závesným mechanizmom – staršie prevedenie



Pre veľkú nepresnosť sa táto metóda tiež nevyužíva. Ďalšia metóda je založená na meraní magnetického poľa vedľa elektródy. Okrem uvedených spôsobov zisťovania existuje ešte veľa ďalších metód.

Najjednoduchšou a v praxi najviac používanou je metóda merania konca elektródy ocelovou tyčou.

Postup je nasledovný:

Pec odpojíme od el. napätia, nadvihneme elektródy do maximálnej hornej polohy a potom ocelovou tyčou ručne lokalizujeme koniec elektródy.

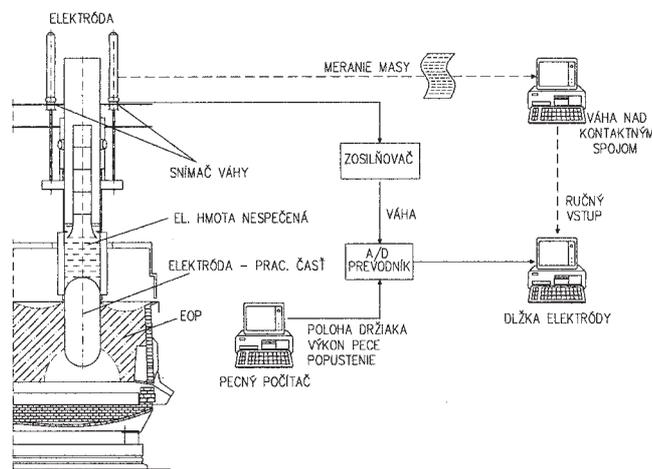
Nevýhoda tejto metódy je v tom, že pri nadvihnutí elektród sa zo sype studená (pevná) vsádka do roztavenej vsádky. Tým sa značne zmenia pomery v EOP, čo má za následok zhoršenie chodu pece. Preto sa táto metóda používa max. raz za týždeň.

### Meranie dĺžky a konca elektródy v OFZ, a. s., Istebné

Na základe prehodnotenia všetkých odskúšaných metód merania sme sa rozhodli pre úplne iný spôsob merania dĺžky elektródy, vo svete doposiaľ neodskúšaný ani nepublikovaný.

Pristúpili sme k myšlienke merania dĺžky elektród na základe váženia. Podľa obr. 2 sme do držiaka elektródy tesne pod kladky zabudovali snímače hmotnosti. Bola to hodinárska práca. Tenzometre sme zabudovali tak, aby snímali len vertikálne sily a zároveň sme ich elektricky odizolovali. Každá elektróda je zavesená na dvoch kladkách, preto vážiaci systém jednej elektródy obsahuje dva tenzometre, preto vážiaci systém jednej elektródy obsahuje dva tenzometre. Napájanie a výstup z tenzometrov bol spracovaný v elektronike a váha bola zobrazená vo veľine pece. Nakoľko zobrazená hodnota okrem hmotnosti ponornej časti elektródy obsahuje aj hmotnosti ostatných zariadení, bolo nutné tieto hmotnosti „vytarať“. Ostatné vplyvy, napr. odpor vsádky, sme „odstránili“ tak, že pred meraním sme pec nezavážali, aby vsádka bola dobre roztavená a zároveň sme o cca 10 cm nadvihli elektródu.

Komplexné počítačové spracovanie nebolo ukončené, nakoľko pec č. 16 v Istebnom, na ktorej sme meranie realizovali, je mimo prevádzky.

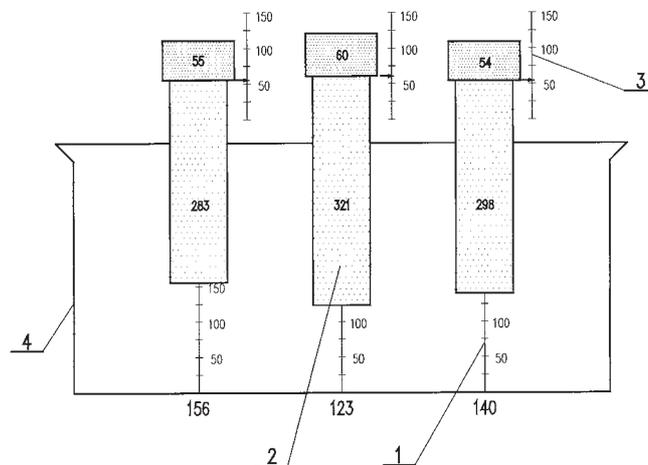


Obr.3 Schématické zobrazenie určenia dĺžky elektródy váženním

V súčasnosti máme teoreticky spracovaný spôsob určovania dĺžky a konca elektródy na EOP č. 25 a 26 v prevádzke Široká (obr. 3).

### Opis navrhovaného systému

Meracie články hmotnosti – tenzometre budú zabudované pod dvomi hydraulickými valcami, ktoré dvíhajú elektródu. Na každú elektródu sú potrebné štyri tenzometre s váživosťou 20 t. Signály z tenzometrov budú spracované v elektronickom zosilňovači a postúpené do A/D prevodníka a ďalej do PC. Aby počítač presne určil dĺžku elektródy, musí mať informáciu o výške nespečenej elektródovej hmoty (EH). Údaj o výške EH bude spracovaný v inom počítači. Na základe horeuvedených údajov (štatistické hodnoty) určí (aproximuje) počítač hmotnosť elektródy a na základe poznania prierezu a špecifickej hmotnosti elektródy aj dĺžku elektródy. Presnosť merania je cca  $\pm 10\%$ . Dĺžka elektródy sa pohybuje cca od 2,8 do 3,2 m (obr. 4.) na peciach č. 25 a 26.



- 1 – vzdialenosť elektródy od dna pece – poloha konca elektródy
- 2 – ponorná dĺžka elektródy
- 3 – poloha držiaka elektród
- 4 – pečné teleso pece

Obr.4 Počítačové zobrazenie elektród EOP

### Zhodnotenie

Môžeme konštatovať, že metóda merania konca elektródy váženním bola správna a vhodná, nakoľko cca tri roky po našej realizácii začali aj iné firmy vyrábajúce ferozliatiny používať túto metódu. Ide o závody vo Francúzsku, v Nórsku či na Islande. Prínosom merania dĺžky a konca elektródy je zníženie špecifickej spotreby el. energie pri výrobe manganových a kremíkatých ferozliatin.

Ing. Vladimír Vojvoda  
Ing. Ján Šensel

OFZ, a. s., Istebné 027 53

Tel.: 043/580 36 57

Fax: 043/580 32 38

e-mail: vladimir.vojvoda@ofz.sk

jan.sensel@ofz.sk