



A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2011

SOLUȚII MODERNE PENTRU OPTIMIZAREA PROCESELOR DE ELABORARE ÎN CAE

Maria NĂSĂUDEAN, Corina Maria DINIȘ, Gyöngyi BITTERMANN

MODERN SOLUTIONS FOR OPTIMIZATION THE PROCESS OF DEVELOPMENT IN CAE

The paper shows how to reduce production costs by automating processes in the metallurgical industry. Automatic electrode position adjustment makes a substantial contribution to increasing efficiency and reducing cost prices CAE batch.

Keywords: electric arc furnaces, automatic adjustment of electrode position, the computer process

Cuvinte cheie: cuptoare cu arc electric, sistem automat de reglare a poziției electrozilor, calculatorul de proces

1. Introducere

Dezvoltarea tehnicii a parcurs până în prezent patru etape și anume: mecanizarea, controlul, automatizarea și cibernetizarea proceselor de producție, astfel încât stadiul tehnic contemporan poate fi caracterizat prin mecanizarea practic totală și automatizarea avansată a proceselor tehnologice, precum și prin continua introducere a tehnicii de calcul în industrie.

Automatizarea se realizează cu ajutorul **sistemelor automate**, în care se efectuează comanda și reglarea proceselor tehnice în raport cu anumite condiții date, fără participarea directă a omului în îndeplinirea acestor funcțiuni [1].

Automatizarea proceselor de producție se realizează pe două niveluri principale și anume: automatizarea convențională și cea complexă.

Automatizarea convențională realizează comanda și reglarea variabilelor unui proces tehnic, independent unele de altele, urmărind să mențină în anumite limite valorile individuale ale acestor variabile, deci să mențină starea de inerție, a procesului.

Automatizarea complexă are drept scop ca variabilele procesului să satisfacă, un anumit criteriu, uzual tehnico-economic, numit *funcție de performanță*. În cazul în care se urmărește extremizarea (minimizarea sau maximizarea) valorii acestui criteriu, se realizează *optimizarea (conducerea optimală)* a procesului. Automatizarea complexă se realizează cu ajutorul *calculatoarelor*, care comandă sistemele de reglare convenționale.

Procesele tehnice din instalațiile metalurgice sunt variate și complexe, fiind caracterizate prin număr mare de variabile și condiții dificile de desfășurare (temperaturi ridicate, agregate închise etc.).

Toate aceste procese decurg în *utilaje tehnologice (termice sau mecanice)*, interdependente în cadrul unei *instalații tehnologice*, care are drept scop realizarea unui *proces tehnologic unitar*. Automatizarea instalației tehnologice înseamnă deci automatizarea tuturor utilajelor tehnologice componente, adică a fiecărui proces tehnic care decurge în fiecare dintre acestea, ținând seamă de interdependența lor în ansamblul instalației.

Industria metalurgică din țara noastră se caracterizează printr-un grad practic total de mecanizare și grad avansat de automatizare convențională și complexă. Peste 90 % din producția de fontă și oțel și peste 70 % din producția de laminate se obțin în instalații total sau parțial automatizate; de asemenea, instalațiile de tratamente termice și forjare, din uzinele metalurgice sau constructoare de mașini, au un grad ridicat de automatizare.

Eficacitatea *tehnico-economică* se manifestă în esență prin mărirea productivității agregatelor, îmbunătățirea calității produselor și reducerea costurilor de producție [1].

2. Generalități despre cuptoarele cu arc electric

Cuptorul este un *agregat tehnologic*, în spațiul său de lucru desfășurându-se procese metalurgice complexe bazate pe legi fizico-chimice care presupun cunoașterea fenomenelor de interacțiune între cele trei faze participante la proces: gazoasă, lichidă și solidă.

Sursa principală de căldură a procesului de elaborare este de

natură electrică, fapt care impune necesitatea cunoașterii fenomenelor electrotehnice și electromagnetice.

Funcție de utilizarea cuptoarelor cu arc electric, acestea se clasifică în cuptoare pentru elaborarea oțelurilor, cuptoare cu arc electric în vid și cuptoare electrice pentru reducere [2].

Cuptoarele pentru elaborarea oțelurilor sunt alimentate, în general în curent alternativ trifazat. Arcul electric se stabilesc între electrozi și șarjă.

Din punct de vedere al procedului metalurgic, 90 % dintre aceste cuptoare au căptușeală bazică și sunt utilizate pentru:

- topirea deșeurilor nealiate în scopul obținerii oțelurilor de calitate;
- retopirea deșeurilor nealiate sau aliate cu puțin fosfor;
- topirea sub zgură oxidantă în scopul obținerii oțelurilor normale nealiate;
- retopire în cuptoare cu căptușeală bazică în scopul obținerii oțelurilor din deșeuri foarte pure;

Cuptorul cu arc electric funcționează în regim intermitent, cuva acestuia fiind complet golită după fiecare șarjă, iar pornirea se realizează cu încărcătură solidă, din această cauză el se utilizează ca utilaj primar de topire în turnătorii.

Capacitatea cuptoarelor cu arc electric poate fi mică (10 t), medie (10-100 t) sau mare (>100 t).

Cuptoarele cu arc electric destinate elaborării oțelurilor prezintă următoarele **avantaje**:

- construcție robustă;
- flexibilitate din punct de vedere al materialului încărcăturii - deșeuri de toate calitățile, minereu de fier redus sub formă de bucăți, etc.;
- capacități foarte mari (în prezent sunt în exploatare unități până la 400 t);
- puteri unitare ridicate (până la 160 MVA); puterile pe unitatea de capacitate au valori între 300 kVA/t la capacități mari și 1000 kVA/t la capacități mici și medii;
- regimul tehnologic este reglat automat, elaborarea șarjelor fiind condusă prin microcalculatoare și microprocesoare;
- consumul specific de energie este în limitele 400-750 kWh/t;
- productivitatea este între 2 și 100 t/h.

Topirea metalelor în cuptoarele cu arc electric se bazează pe cantitatea de căldură dezvoltată în arcul electric și transmisă prin radiație șarjei. Arcul electric arde între electrozii solizi și lichizi (metalul

topit) într-un mediu gazos ionizat, în prezența unei tensiuni electrice corespunzătoare [3].

Puterea transmisă șarjei prin radiația arcului aflat la temperatura absolută T_a , este dată de relația [4]:

$$P = \varepsilon_s C_n \left[\left(\frac{T_a}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_s}{100} \right)^4 \right] A_s \quad (1)$$

unde:

- ε_s este emisivitatea șarjei;
- $C_n = 5,77 \frac{W}{m^2 K^4}$ - coeficientul de radiație;
- T_s - temperatura absolută a șarjei;
- A_s - suprafața oglinzii șarjei, în m^2 .

Principalele **dezavantaje** ale acestor cuptoare sunt:

- solicitare termică puternică a capacului și pereților cuptorului, datorită arcurilor electrice;
- variație mare a puterii (25 până la 100 % din puterea nominală) între fazele regimului tehnologic;
- factor de putere scăzut ($\cos \varphi = 0,7$) și variații ale consumului de putere reactivă;
- este un consumator trifazat dezechilibrat, care reprezintă și o sursă de regim deformant;
- baia de metal topit are o agitație redusă;
- în timpul fazei de topire se dezvoltă un zgomot ce atinge 90 – 120 dB, iar cantitatea de praf ajunge la 20 kg pentru fiecare tonă de oțel.

Eliminarea acestor dezavantaje este posibilă printr-o serie de măsuri speciale.

Din punct de vedere constructiv, cuptorul pentru topirea oțelului cuprinde: cuva de topire (1), sistemul de pivotare a bolții (2), transformatorul de alimentare (3), rețeaua scurtă (4), grinda portelectrod (5), dispozitivul de comandă hidraulică a electrozilor (6), cei trei electrozi (7), orificiul de evacuare a oțelului (8).

Rețeaua scurtă cuprinde trei porțiuni. Prima porțiune este realizată sub forma unui pachet de bare și asigură legătura dintre bobinele secundare ale transformatorului și ieșirea din încăperea unde este plasat acesta. Cea de-a doua porțiune este realizată cu cabluri flexibile din cupru și preia variațiile datorate modificării poziției electrozilor pe durata elaborării șarjei. Cea de-a treia porțiune, realizată din bare răcite cu apă, este solidară cu portelectrodul (5) al fazei

respective și izolată electric de acesta prin intermediul unor izolatoare (9). Arcul electric apare între electrozi și masa metalului (12) care urmează a fi procesat.

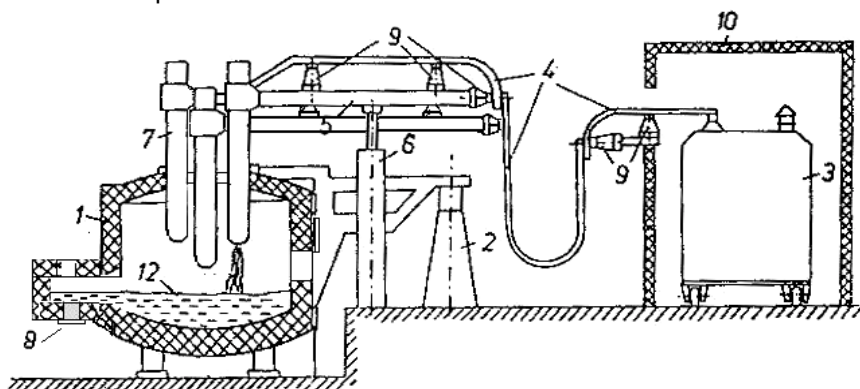


Fig. 1 Elementele constructive ale cuptorului cu arc electric trifazat

3. Sistemul automat de reglare a poziției electrozilor

Tehnologia producerii oțelului în cuptoarele electrice cu arc electric și tratamentul ulterior în cuptoarele de încălzire (L.F.), este cea mai modernă și cea mai des utilizată.

Procesul de topire durează din momentul conectării la rețeaua electrică a cuptorului, până la topirea completă a materialului din cuptor.

Principala caracteristică, din punct de vedere energetic, a procesului de topire este funcționarea instabilă a arcului electric [3]. Lungimea arcului electric (20...30 cm) se modifică în limite largi la surparea și deplasarea încărcăturii (de la scurtcircuit, până la întreruperea arcului electric). Durata procesului de topire este mai mult de jumătate din durata necesară elaborării șarjei și în acest interval de timp se consumă 60...80 % din energia electrică necesară întregului ciclu de elaborare. Cealaltă parte din energia electrică 20...40 %, se consumă în faza de oxidare, atunci când încărcătura este sub formă lichidă, caz în care variația lungimii arcului electric și variația curentului absorbit de la rețea sunt mai mici.

Procesul de topire este caracterizat de variații mari ale intensității curentului electric în circuit (pot apărea 5...10 scurtcircuite pe minut, eliminate prin acțiunea sistemului automat de reglare a electrozilor).

Indicatorii energetici ai cuptorului cu arc depind în mare măsură de curentul electric prin arc [3]. Variațiile acestui curent sunt produse de modificările regimului de funcționare, care pot fi:

- *lente*, datorate arderii electrozilor, ridicării sau coborârii treptate a băii metalice, variației temperaturii și rezistenței arcului electric la lungime constantă;
- *rapide*, având drept cauză surparea încărcăturii, care conduce la scurtcircuite sau întreruperi ale arcurilor electrice;
- *foarte rapide și oscilatorii*, datorate fierberii metalului din baie, fluctuațiilor arcurilor etc.

Distanța dintre electrozi și baia metalică este controlată de un sistem hidraulic care mișcă electrozii pe direcție verticală. Aceasta oferă posibilitatea de a regla puterea de intrare, în funcție de cerințele procesului tehnologic.

Mișcările electrozilor sunt controlate de un regulator cu impedanță.

Dispozitivul de siguranță al electrozilor previne ruperea acestora în cazul în care se încarcă material slab conductor.

Sistemul este dotat cu un Controler Logic Programabil (PLC) asistat de microcomputer. Are o formă modulară și este potrivit pentru utilizarea în mediul industrial. Sistemul operează în sistem multiplex atât în ceea ce privește introducerea informațiilor, cât și în ceea ce privește circuitul de ieșire. În interior, adresele și stocarea întrebărilor sunt efectuate în mod ciclic de calculatorul de reglaj. Funcțiile de comandă pe care le rezolvă sistemul sunt: mișcările cuptorului, dispozitivele de blocare a cuptorului și operațiile de conectare a întreruptorului de înaltă tensiune.

Scopul sistemului automat de reglare a poziției electrozilor este să obțină soluția optimă de operare în fiecare fază a procesului de topire și să-și adapteze performanța la eventualele disfuncționalități din timpul funcționării.

Sistemul automat de reglare a poziției electrozilor este baza oricărui cuptor cu electrozi și a făcut necesară apariția unui sistem digital modern, pentru mărirea randamentului și reducerea prețurilor de cost pe șarjă [1].

Datorită dezvoltării rapide a microelectronicii din ultimii ani a fost posibilă apariția componentelor performante de calculator și evoluția unui nou sistem automat de reglare a poziției electrozilor - digital, numit DEC 921 PC în formatul calculatoarelor industriale, care a satisfăcut complet cerințele de viteză și precizie a operațiilor.

Implementarea calculatoarelor industriale a făcut posibilă

folosirea modului DEC 921 PC chiar și în fabrici care nu au PLC SIMATIC S-5.

În cazul de față, regulatorul poziției electrozilor (DEC 921 PC), lucrează interconectat cu un automat programabil SIMATIC S-5.

Sistemul automat de reglare a poziției electrozilor, la cuptorul cu arc electric trifazat, este alcătuit din:

- Regulatorul DEC 921 PC
- Automatul programabil SIEMENS SIMATIC S-5
- Instalația hidraulică

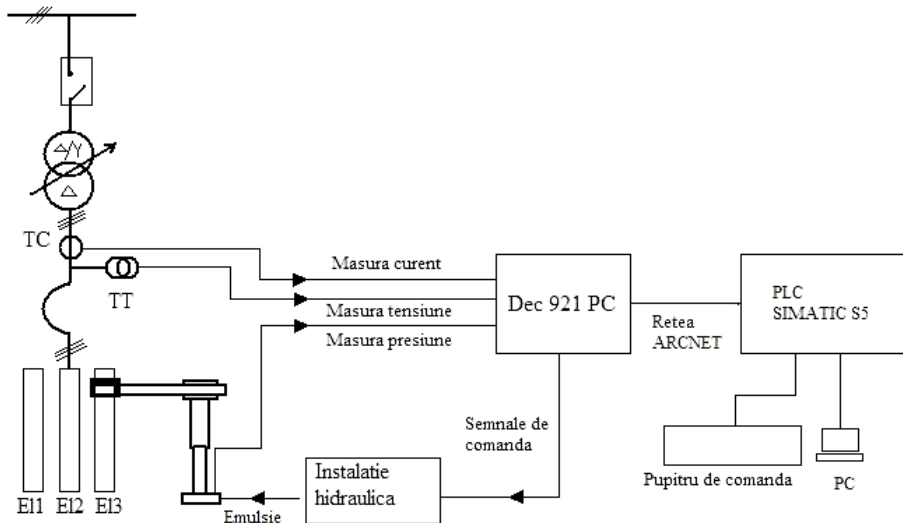


Fig. 2 Schema bloc a sistemului automat de reglare a poziției electrozilor

4. Concluzii

■ Sistemul de reglare automată a poziției electrozilor care folosește calculatorul de proces DEC 921 PC, asigură funcționarea cuptorului la regimul optim, înlăturând rapid perturbațiile de natură electrică care apar în timpul procesului de elaborare a oțelului.

■ Avantajele pe care le prezintă acest sistem de reglare sunt:

- Sensibilitate ridicată care asigură un regim de funcționare stabil a arcului electric;
- Rapiditatea, care permite înlăturarea perturbațiilor extreme cum ar fi scurtcircuite sau întreruperi ale arcului electric;
- Reducerea la minim a deplasărilor inutile ale electrozilor la

perturbații trecătoare;

- Viteza mare de ridicare a electrozilor datorită folosirii instalației hidraulice;

- Posibilitatea modificării puterii în arc cu o precizie de $\pm 5\%$;

- Posibilitatea lucrului cu mai multe valori ale curenților pe aceeași treaptă a transformatorului, datorită posibilităților de memorare a calculatorului de proces a până la 20 de setări de curent pentru fiecare treaptă în parte;

- Reapriinderea automată a arcului electric;

- Oprirea electrozilor la dispariția tensiunii de alimentare;

- Automatizarea la nivel înalt a tuturor operațiilor care privesc cuptorul electric, dar și a utilajelor auxiliare, datorită folosirii automatului programabil SIMATIC S-5;

- Reducerea considerabilă a consumului de putere reactivă din rețeaua de alimentare, datorită folosirii instalației de compensare a puterii reactive.

■ Prin generalizarea acestor realizări în mai mare măsură, se poate ajuta progresul automatizării complete și se pot obține rezultate tehnico-economice superioare, așa cum s-a realizat cu instalațiile de reglare a poziției electrozilor corespunzător randamentului optim, independent de personal și s-au obținut grade de utilizare a cuptorului de 90 %.

BIBLIOGRAFIE

[1] Oprescu, I., Vîrcolacu, I., *Automatizări metalurgice*, Editura didactică și pedagogică, București, 1983.

[2] Rău, A., Cosma, D., Ilin, G., *Elaborarea oțelului în cuptoare electrice cu arc*, Editura tehnică, București, 1967.

[3] Schwabe, W.E., *Procese energetice și de topire în CAE*, Elektrowärme Int, nr. 3, 1987.

[4] Samoilă, C., Drugă, L., Stan, L., *Cuptoare și instalații de încălzire*, Editura didactică și pedagogică, București, 1983.

Drd.Ing. Maria NĂSĂUDEAN

membru AGIR, e-mail: mariana.nasaudean@fih.upt.ro

Șef lucr.Ec.Dr.Ing. Corina Maria DINIȘ

membru AGIR, e-mail: corina.dinis@fih.upt.ro

Ing. Gyöngyi BITTERMANN

e-mail: gyongyi.bittermann@fih.upt.ro

Facultatea de Inginerie Hunedoara, Universitatea „Politehnica” Timișoara