



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

REDUCEREA CONSUMULUI DE ENERGIE ELECTRICĂ LA CUPTORUL CU ARC ELECTRIC

Adrian Ioan TOMA

REDUCING THE ELECTRICITY CONSUMPTION FOR ELECTRIC ARC FURNACE

The paper presents a study of the electric arc furnace who using Carbon-Jet and Oxygen-Jet to reduce specific consumption of energy.

Electric arc furnaces (EAF) play an important and increasing role in modern steel work concepts. The ability to precisely control the temperature and chemistry of the batch make EAF an ideal choice for producing high-grade steel for the recycling of scrap. Of the steel made today 36 % is produced by the EAF route and this share will increase to 50 by 2030.

Keywords: electric arc furnace, oxygen, carbon injection

Cuvinte cheie: cuptor cu arc electric, oxigen, carbon, injectare

1. Introducere

Cuptoarele electrice de tipul UHP (ultra high power) sunt cuptoare cu arc electric de foarte mare putere, în care arcul electric este amorsat între electrozi și baia de oțel (acțiune directă).

Cuptoare de tip EBT (eccentric bottom tap) realizează consumuri specifice de energie electrică de 450 ... 530 kWh/t de oțel, mai mici decât la alte tipuri de cuptoare electrice, datorită evacuării mai rapide a oțelului (prin vatră) precum și aportului de oxigen adus în timpul topirii [4].

Cuptorul electric aparținând ArcelorMital Hunedoara SA este un cuptor de tipul EBT conceput pentru topirea la 1.600 °C a 100 t de oțel,

Spumarea zgurii se utilizează pentru a crește eficiența termică a cuptorului în timpul rafinării, deoarece pereții laterali sunt complet expuși la radiația arcului electric. Zgura spumantă se ridică și acoperă arcul electric permițând un transfer mai mare de căldură, fără a crește sarcina termică pe pereții cuptorului. Zgura spumantă se realizează prin injectarea de oxigen în baia de oțel lichid, caz în care fierul este oxidat conform reacției:



Carbonul (pulbere) este apoi injectat în faza de zgură, caz în care oxidul de fier este redus:



Producția de gaz (CO) este o componentă critică pentru obținerea zgurii spumante.

2. More Oxygen-Jet MK III - echipament injectare oxigen

Oxygen-Jet Mk III este un injector de oxigen și de CH₄. Acesta a fost conceput astfel încât să poată funcționa atât cu injecție de oxigen în mod supersonic precum și ca un arzător CH₄ pentru încălzire și topire a fierului vechi în interiorul cuptorului.

Un ciclu normal de lucru a injectorului începe cu o fază inițială în care funcționează ca arzător, urmată de a doua fază de injectare oxigen. În faza inițială de arzător de CH₄ și oxigen sunt preîncălzite resturile de fier vechi din interiorul cuptorului electric iar în faza a doua este injectat oxigenul. Timpul necesar acestor operațiuni este strict legat de procesul de topire din cuptorul electric.

Injectorul de oxigen este reprezentat în figura 1 și are următoarele componente: corpul principal răcit, tambur posterior, garnituri OR de etanșare și supape de retenere.

Injectorul de oxigen este conceput pentru debit maxim de gaz metan de 500 Nm³/h la o presiune de 6 bar și un debit maxim de oxigen de 2.200 Nm³/h la o presiune de 16 bar. În regimul arzător consumul de oxigen este de 900 Nm³/h, iar consumul de gaz metan

este de 350 Nm³/h. În regimul supersonic consumul de oxigen este de 1.600 Nm³/h.

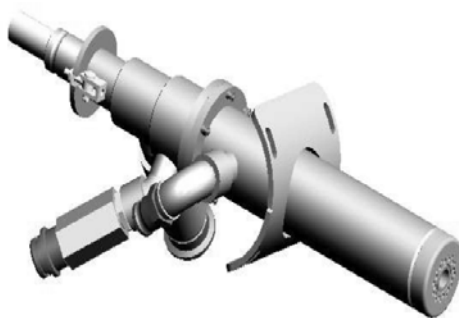


Fig. 1 More Oxygen-Jet MK III

Toate fazele descrise mai sus și aspectele operative (pornire, timp de folosire și fluxare) sunt controlate de către operator [4].

3. More Carbon-Jet MK III - echipament injectare carbon

Injectorul Carbonjet Mk. III este un injector de oxigen realizat astfel încât să poată funcționa atât ca injector de cărbune pulverizat cât și de oxigen, fiind utilizat pentru încălzirea și topirea fierului vechi în interiorul cuptorului electric precum și pentru injecția carbonului.

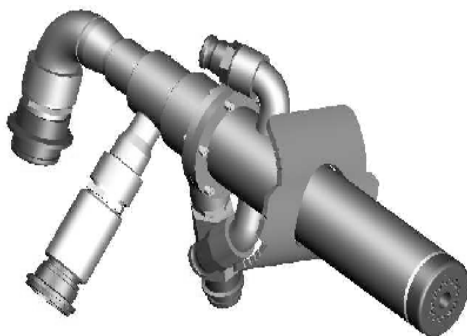


Fig. 2 More Carbon-Jet MK III

Un ciclu normal de lucru a injectorului începe cu o fază inițială în care funcționează ca arzător, urmată de a doua fază de injectare carbon. În faza inițială de arzător de CH₄ și oxigen sunt preîncălzite

resturile de fier vechi din interiorul cuptorului electric iar în faza a doua este injectat carbonul. Timpul necesar acestor operațiuni este strict legat de procesul de topire din cuptorul electric.

Injectorul de carbon este reprezentat în figura 2 și are următoarele componente: corpul principal răcit, tambur posterior, garnituri OR de etanșare și supape de reținere.

Injectorul de carbon este conceput pentru debit maxim de gaz metan de $500 \text{ Nm}^3/\text{h}$ la o presiune de 6 bar și un debit maxim de oxigen de $2.200 \text{ Nm}^3/\text{h}$ la o presiune de 16 bar.

În regimul arzător consumul de oxigen este de $900 \text{ Nm}^3/\text{h}$, consumul de gaz metan este de $350 \text{ Nm}^3/\text{h}$, iar consumul de carbon este de $15\text{-}45 \text{ kg}/\text{min}$. În regimul supersonic consumul de oxigen este de $1.600 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

Toate fazele descrise mai sus și aspectele operative (pornire, timp de folosire și fluxare) sunt controlate de către operator [4].

4. Reducerea consumului specific de energie electrică

Deoarece consumul specific de energie electrică realizat pentru anii 2003-2008 s-a situat cu mult peste standardele obținute la acest tip de cuptor, a fost necesar să se pună în aplicare măsuri pentru a reduce atât timpul de elaborare cât și consumul specific de energie electrică.

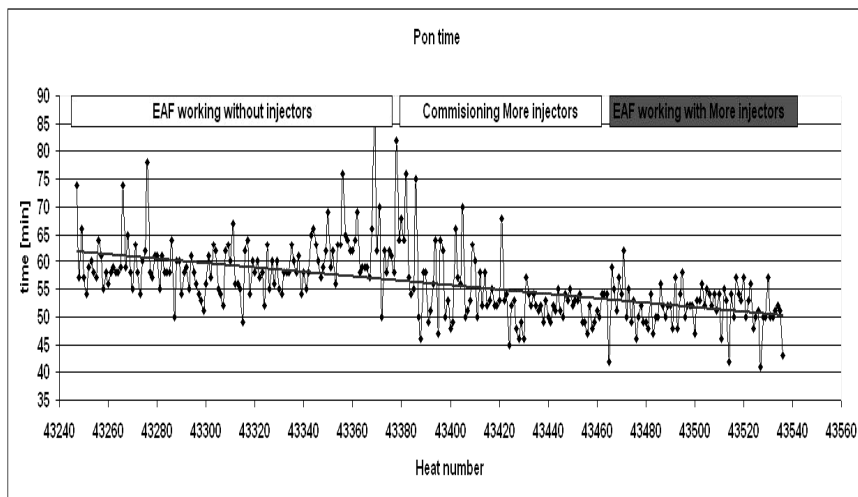


Fig. 3 Evoluția duratei de topire

Timpul efectiv de topire a fost redus de la 71 min la 60 min, iar timpul total de elaborate a scăzut de la 82 min la 70 min. Timpul de topire este reprezentat în figura 3. Se observă că timpul de topire are o tendință descendentă.

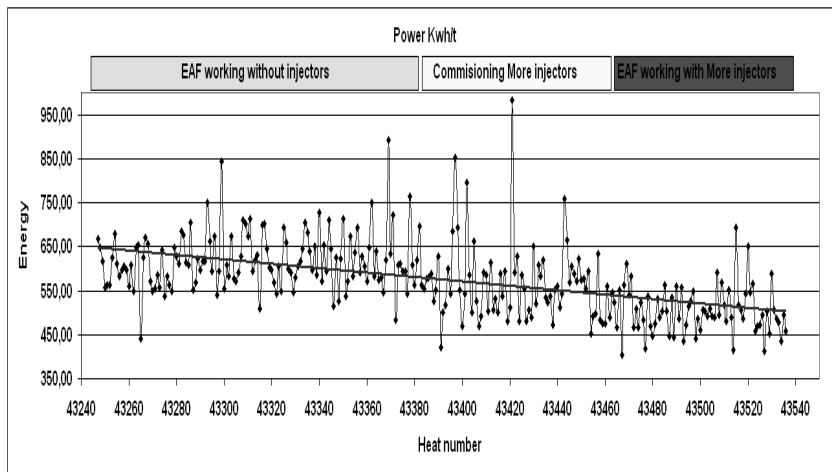


Fig. 4 Evoluția consumului specific de energie electrică

Consumul specific de energie electrică pentru topire este reprezentat în figura 4, unde se observă că tendința este descendentă. Consumul specific de energie electrică la cuptorul cu arc electric de 100 t tip EBT a avut o tendință descendentă începând cu anul 2007.

Pentru anul 2008, consumul specific de energie electrică a fost de 620,15 kWh/t iar pentru anul 2010 consumul specific realizat a scăzut la 510,8 kWh/t, odată cu punerea în funcțiune a injectoarelor de oxygen și carbon, iar greutatea medie a șarjei elaborate a putut fi crescută la 109,5 t.

5. Analiza calității energiei electrice

Măsurătorile electrice s-au efectuat în stația electrică OE2 220/33 kV și au fost realizate cu ajutorul unui analizor al calității energiei electrice de tip CA 8334 (Chauvin-Arnoux, France, 2007) pe nivelul de tensiune de 30 kV, cu ajutorul a trei transformatoare de tensiune kU = 300 și reductori de curent kI = 400.

Analizorul de calitate a energiei electrice utilizat oferă numeroase valori calculate și funcții de prelucrare în conformitate cu standardele EMC în uz (EN 50160, IEC 61000-4-15, IEC 61000-4-30, IEC 61000-4-7, IEC 61000-3-4) [1], [2], [3], [5].

Tabelul 1

Fază tehnologică			Topire			Fierbere activă
			1	2	3	
Parametru			7:08	7:27	7:50	7:58 8:10
			7:23	7:32	7:58	
Time	efectiv	min	15	18	8	12
F	max	Hz	50,16	50,20	50,1	50,1
	min	Hz	49,93	49,89	49,91	50,08
UTHD	max	%	8.6	8.92	11.4	9.6
	min	%	0.9	0.6	0.5	0.6
ATHD	max	%	11.96	72.28	84.76	66.08
	min	%	0.8	0.4	0.2	0.1
P	max	MW	29.85	30.82	30.1	30.01
Q	max	MVAR	31.1	32.5	34.32	29.95
S	max	MVA	37.1	38.5	39.8	40.66
cos φ	max	-	0.95	0.98	0.98	0.96
	min	-	0.38	0.18	0.11	0.4

În tabelul 1 sunt evidențiați parametrii măsurați pentru funcționarea cuptorului cu injectoare de oxigen și carbon, pentru fiecare fază de elaborare.

Comparativ cu situația de dinainte de modernizare (fără injectoare) factorul de putere se înrăutățește, UTHD și ATHD sunt în creștere și se impune adoptarea de soluții tehnologice pentru a îmbunătăți calitatea energiei electrice prin compensarea energiei reactive, diminuarea regimului deformant precum și echilibrarea încărcării fazelor.

6. Calcul economic

Calculul economic s-a făcut pentru a determina dacă este potrivit sau nu să se utilizeze injectoare de oxygen și de carbon la cuptoarele cu arc electric. În analiza economică au fost luate în considerare costurile suplimentare realizate de consumul suplimentar de oxigen și gaz metan.

În tabelul 2 este prezentat un calcul economic pentru consumul suplimentar de oxigen.

Tabelul 2

Oxigen	Oxigen consumat fără injecție	15	mc/h
	Oxigen consumat cu injecție	40	mc/h
	Diferența	25	mc/h
	Consum suplimentar la 100 t	2,500	mc/h
	Preț oxigen in Euro	0.15	Euro/mc
	Rată schimb	4.10	Ron/Euro
	Preț oxigen in Ron	0.615	Ron/mc
	Cheltuială suplimentară la 100 t	1,538	Ron/100 t

În tabelul 3 este prezentat un calcul economic pentru consumul suplimentar de CH4.

Tabelul 3

CH4	CH4 consumat fără injecție	7.50	mc/h
	CH4 consumat cu injecție	20	mc/h
	Diferența	12.50	mc/h
	Consum suplimentar la 100 t	1,250	mc/h
	Preț CH4 (for MWh)	71.98	Ron/MWh
	Preț CH4 (for mc)	0.76	Ron/mc
	Cheltuială suplimentară la 100 t	944.44	Ron/100 t

În tabelul 4 este prezentat un calcul economic pentru economia realizată cu energia electrică.

Tabelul 4

En. el.	En. el. cnsumată fără injecție	600	kWh/t
	En. el. cnsumată cu injecție	500	kWh/t
	Diferența	100	kWh/t
	En. el. economisită la 100 t	10	kWh
	Preț en. el. în Ron	301	Ron/MWh
	Pret. en. el. conomisită	3.010	Ron
	Pret. en. el. conomisită la 100 t	527,46	Ron/100t
	Economie totală	5,27	Ron/t

În urma calculului economic s-a apreciat că se realizează o economie de 5,27 Ron/t de oțel, dacă se utilizează aceste injectoare.

Economiile ce se obțin prin utilizarea acestei metode sunt importante, astfel încât investiția făcută cu un asemenea echipament se amortizează relativ rapid.

7. Concluzii

■ Consumul specific de energie electrică în cuptor cu arc electric 100 t, EBT tip a avut o tendință descendentă după punerea în funcțiune a oxigen-jet și cu jet de carbon pentru EAF aparținând SC ArcelorMital Hunedoara SA. Consumul specific de energie electrică scade la 510,8 kWh/t de la 620,15 kWh/t.

■ Timpul de topire a fost redus de la 70 min la 60 min, iar timpul total a scăzut de la 81 min la 71 min. Calculul economic arată că se obține un beneficiu de 5,27 Ron/t în cazul în care folosesc aceste injectoare și este o importantă economie.

■ După măsurătorile electrice, s-a constatat că factorul de putere se înrăutățește, și UTHD necesită ATHD. Este în creștere și adoptarea de soluții tehnologice pentru a îmbunătăți calitatea energiei electrice.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Ionescu, G.T., *Indicatorii de calitate ai energiei electrice și propuneri de limitare nivele admise*, Energetica, nr. 5, seria B, 1994.
- [2] Bută, A., Pană, A., *Calitatea tensiunii – criteriu principal de analiză a interdependenței dintre compensarea puterii reactive, echilibrarea sarcinii și filtrarea armonicilor în rețelele de distribuție performante*, Energetica, nr. 2, București, 1999.
- [3] Chapman, D., *Ghid de Aplicare - Calitatea Energiei Electrice*, Copper Development Association, 2001.
- [4] * * * *Instrucțiuni de lucru Oțelăria Electrică*, Cod IL-02, Ediția 1., Rev.5, 2007.
- [5] * * * PE 143/1994, *Normativ pentru limitarea regimului nesimetric și deformant în rețele electrice*, RENEL, București, 1994.
- [6] * * * *Strategia de restructurare a industriei siderurgice din România pentru perioada 2004-2010*, Hotărârea Guvernului României nr. 655 din 29.04.2004.

Drd. Ing. Adrian Ioan TOMA
S.C. ArcelorMittal Hunedoara S.A., membru AGIR
e-mail: adrian.toma@arcelormittal.com