

## **Empleo de técnicas modernas en la operación del horno eléctrico de arco**

## **Modern techniques employment in the electrical furnace arch's operation**

Rafael Esaú Botía \*

### **RESUMEN**

Expone las principales técnicas modernas utilizadas en la operación de los hornos eléctricos de arco, que los han llevado a reducciones significativas en sus principales parámetros operativos, haciéndolos altamente productivos en la fabricación de aceros.

**Palabras claves:** Tiempo colada-colada, Escoria espumosa, Fondo líquido, Horno eléctrico de arco, Chatarra.

### **ABSTRACT**

The main modern techniques used in the electric furnace arch's operation, have produced significant reductions in the main operative parameters, making them highly productive in the steel manufacture.

**Key words:** Tap-to-tap, Foamy slag, Hot-Hell, Electric Arch Furnace, Scrap.

\* Ing. Metalúrgico UPTC; Especialista en Metalurgia Secundaria. Docente ocasional de la Escuela de Metalurgia de la UPTC.

## Introducción

Mejorar sus procesos y reducir los parámetros de operación han sido objeto de preocupación constante de las empresas siderúrgicas semiintegradas, que buscan bajar los costos de producción del horno eléctrico de arco (HEA), «corazón de las acerías». Con el avance tecnológico, se han desarrollado algunas técnicas modernas para hacer del HEA un equipo altamente productivo, del cual se logre sacar la máxima cantidad de acero en el menor tiempo posible. Este artículo señala algunas de las técnicas utilizadas y sus resultados más relevantes.

### 1. Técnicas modernas de operación

Entre los principales desarrollos tecnológicos utilizados en el HEA tenemos: transformadores de ultra alta potencia, sistemas inteligentes para la regulación de los electrodos, alta reactancia, carga metálica mejor preparada, mejores refractarios, *cojets*, poscombustión, escoria espumosa y práctica de Hot-Hell.

#### 1.1 Transformadores de ultra alta potencia

La productividad del HEA la determina fundamentalmente la potencia del transformador que se use; de ello dependerá no solo el régimen eléctrico y térmico, sino también su velocidad de fusión, Tap-to-tap, etc. [1].

Esta potencia se calcula según la capacidad nominal del horno. El término ultra alta potencia (HPU) consiste en emplear una potencia de 1 MVA nominal en el transformador del horno por tonelada de capacidad. Ejemplo, si la capacidad del horno es de 50 t, la potencia del transformador sería de 50 MVA [2].

#### 1.2 Sistemas inteligentes para la regulación de los electrodos

El sistema de regulación de un HEA es el «cerebro» para su control eléctrico, es el que establece y cambia la longitud del arco que se forma entre la punta de los electrodos y la carga metálica por fundir, de acuerdo con los requerimientos de operación del horno, según la etapa en que se encuentre: profundización del electrodo, fusión, calentamiento o afino. Todo este manejo se efectúa por medio de sistemas inteligentes (*software*), que combinan la potencia aplicada, tipo de material o carga por fundir, corrientes por fase y energía consumida, entre otros. De estos sistemas cabe mencionar: A-800 de la AEG, DANAR, NEUTRAL, TAGLIAFERRI DIGITAL REGULATION (TDRH), entre otros [3]. Este último, desarrollado en Brescia (Italia), establece, mediante un sistema de control de armónicas, un control total de la escoria espumosa que cubre el arco, creando, al estabilizarse el arco, un decrecimiento de la corriente secundaria e incrementando el voltaje del arco a la misma potencia de operación del horno.

#### 1.3 Alta reactancia

La tendencia mundial en el avance tecnológico del HEA es operar con transformadores de alto voltaje en el secundario, este es del orden de 900-1.200 voltios [2]. Sin embargo, ha presentado inconvenientes de operación en su etapa de fusión, por la excesiva resonancia mecánica e inestabilidad del sistema eléctrico, factores que se han neutralizado mediante el uso de una reactancia adicional llamada *Reactor en línea de alimentación al horno*. Esto ha hecho que se trabaje en la operación del HEA con: arcos más largos, pero con una menor corriente de operación y de corto circuito, eliminación del *Flicker* (parpadeo eléctrico), menor consumo de energía eléctrica, menos Tap-to-tap y mayor productividad.

La reactancia normal de los HEA es de alrededor de los 3 miliohmios y el término *Alta reactancia* se refiere a valores entre 4 y 7 miliohmios [2].

En la tabla 1 se ilustra algunos hornos con altos voltajes y reactancia suplementaria [2].

Tabla 1. Capacidad en toneladas, voltaje máximo y reactancia total.

Capacidad (t)	Voltaje máximo (V)	Reactancia total (mohmios)
80	900	5,7
115	900	4,5
120	950	4,2
140	960	3,6
75	1.000	5,4
130	1.070	6,3
170	1.200	5,3

#### 1.4 Carga metálica mejor preparada

La carga metálica mejor preparada hace relación a su limpieza, tamaño, dosificación y precalentamiento.

En el proceso del HEA, la carga es el factor que más influye en su operación, ya que su tipo, tamaño físico, composición química y el modo como se alimenta el horno afecta grandemente los costos de producción de la tonelada de acero producido, que oscilan alrededor del 60% [4].

Hoy se carga al HEA chatarra previamente compactada y cizallada de tamaño menor a un metro, limpia, de composición química conocida y precalentada (en algunos hornos como el ORI, en Brescia, Italia).

Aquí en Colombia, la mayoría de los HEA (Sidelpa, Acasa, Aceros Sogamoso, Grupo Diaco, etc.) utilizan chatarra cizallada y compactada, pero no disponen de la infraestructura

adecuada para su precalentamiento. Este precalentamiento consiste en colocar la chatarra, limpia y a un tamaño adecuado, dentro de un sistema transportador metálico que entra en un túnel de precalentamiento, por el cual salen los gases del horno, cuyo flujo atraviesa la carga metálica y, gracias al contraflujo de los gases calientes, transmiten su calor sensible a la carga.

La chatarra ferrosa ocupa actualmente el primer lugar como material de carga para el HEA, pero en el momento actual su escasez se está manifestando de forma dramática. Esto ha hecho que se utilice como carga los prerreducidos. Este material viene como briquetas, pellets o hierro esponja. Su uso varía hasta un 70% [4] del peso total de la carga del horno.

#### 1.5 Mejores refractarios

De sus comienzos con refractarios de sílice y alta alúmina para solera y cuba, el HEA pasó a refractarios de magnesita (MgO mayor a 80%), magnesita-carbón y carbono, para el fondo del horno, y a paneles refrigerados para la cuba. Los HEA no solo cuentan con más y mejores refractarios (electrofundidos y masas de proyección), sino con la fabricación de estos refractarios al tamaño del ladrillo, de acuerdo con el formato particular de cada horno. Con lo anterior se ha conseguido una disminución en su índice de consumo por tonelada de acero, así como menores tiempos utilizados en la reparación, con lo cual se consigue una mayor disponibilidad del horno con el consiguiente aumento de la productividad.

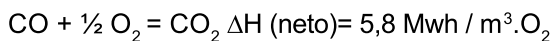
#### 1.6 Cojets

En los últimos años, el uso de los Cojets, o quemadores oxi-gas, se ha implementado en los principales hornos del mundo. Esta técnica nació en Alemania para solucionar el problema ambiental de la contaminación por azufre, debida al uso de combustibles sólidos y líquidos

(antracita-fuel oil, crudos, entre otros) en el HEA. Consiste en utilizar quemadores gas-oxígeno en la periferia de la cuba del horno, para disminuir el consumo de energía eléctrica y ayudar a fundir la carga metálica en menos tiempo. En nuestro país, este sistema de Cojets está implementado en el horno OBT del grupo siderúrgico DIACO S.A.

### 1.7 Poscombustión

En el HEA, este proceso consiste en una reacción exotérmica del oxígeno ( $O_2$ ) que se inyecta por encima del nivel del baño líquido con el monóxido de carbono (CO), para formar dióxido de carbono ( $CO_2$ ). El monóxido de carbono, presente en el interior del horno, se forma de la oxidación del carbono con el oxígeno que se inyecta en el proceso de descarburación así:



Su ventaja radica en que la energía liberada, que debe transferirse al acero líquido, es de aproximadamente cuatro veces el calor neto producido por la oxidación normal del carbono en la descarburación. Este proceso en el HEA puede realizarse a través de los Cojets, cerrando el paso del flujo de gas o a través de inyectoras de oxígeno colocadas estratégicamente en la periferia de la cuba del horno.

### 1.8 Escoria espumosa

Antes, esta práctica se realizaba en la etapa de afino y con un baño de acero líquido plano; ahora se realiza después de cada recargue y en la etapa del afino, es decir, prácticamente en toda la operación del horno. Esta escoria se forma mediante la inyección de carbono y oxígeno sobre toda la superficie del baño líquido, para formar CO, que hace el efecto espumante o infla la escoria, permitiendo que los electrodos estén

recubiertos por esta, aprovechándose así toda la potencia de operación en calentar el baño líquido y logrando que haya menor ruido acústico, menos radiación hacia las paredes del horno, menor Tap-to-tap, menor pérdida térmica y, lógicamente, una mayor productividad.

### 1.9 Práctica del Hot Heell

Consiste en dejar, después de cada colada, un remanente de entre 10 y 15% [5] del acero líquido del horno en su fondo o solera. En lo anterior hay un aporte importante de energía para la colada siguiente del horno en la fusión del primer recargue; además, protege el refractario de la solera al «amortiguar» el impacto de la carga metálica.

## 2. Conclusiones

Con el establecimiento de las técnicas modernas descritas, se ha logrado un mejoramiento de los principales parámetros operativos de los HEA, como: menor consumo de energía, menor consumo de refractarios, menor consumo de electrodos, menor Tap-to-tap, mejor aprovechamiento energético y, como consecuencia, una mayor productividad.

En nuestro país, el único HEA que dispone de la mayor parte de las técnicas modernas descritas es el Horno OBT (Oval Shell Botton Tapping) de la empresa Grupo Siderúrgico DIACO S.A., en su planta de Tuta (Boyacá).

Lógicamente, no es preceptivo que todos los HEA deban tener estos avances tecnológicos, pues depende también del tipo de acero por fabricar, necesidades de producción, capacidad del horno, etc.

Finalmente, se presentan en la tabla 2 los principales parámetros operativos de dos hornos que tienen implementadas algunas de las técnicas modernas de operación: un horno europeo y un horno colombiano [3, 4].

Tabla 2. Parámetros operativos para un horno europeo y uno colombiano

PARÁMETRO	HORNO DRIBRESCIA ITALIA	HORNO OBTDIACO COL.
Capacidad (t)	72	45
Potencia eléctrica (MW)	34	50
Consumo promedio de energía (kWh/t)	526	490
Tiempo conectado (min)	40	43
Tap-To-Tap (min)	49	60
Consumo de electrodos (kg)	1,2	1,2
Consumo de refractarios (kg)	8,5	9,5

Fuente: [4, 3].

### 3. Referencias

- [1] Ucar, Carbón Mexicana, S.A. de C.V. México. Boletín febrero, 1995.
- [2] G. Cozz y E. Lombardi: «Reduction of Energy and Graphite Electrode Consumption At Ori», revista *PLANTA ND TECHNOLOGY*, febrero 2003.
- [3] NOVENO ENCUENTRO NACIONAL DE SIDERÚRGICOS, octubre 1992, Monterrey, México, p. 32.
- [4] R. Forero: *Informe viaje a Brasil*, mayo 2000. Grupo Siderúrgico DIACO S.A.
- [5] E. Plockinger and O. ETTERICH, *Electric Furnace Steel Production* British Library cataloguing in publication date, Great Britain 1985.
- [6] N. Smirnov: *Producción de Acero*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 1994.

Fecha de recepción: 19 de agosto de 2005  
 Fecha de aprobación: 2 de diciembre de 2005