خودکاری درصنعت ذوب آهن

نوشته‌ی

نصرالله محمودی

مهندس معادن

استاد پیشین دانشکده فنی

مقدمه :

نویسنده درضمن شرح تازه‌های صنعت‌ذوب آهن درشماره هشتم مورخ مهرماه ۱۳٤٦ همین نشریه فقط به وجود وسیله‌های خودکار دراین صنعت اشاره کرده بود اینک چگونگی آن وتحقیقاتیکه در این مورد انجام یافته ونتیجه‌های آنرا دراین مقاله بیان میدارد.

صنعت ذوب‌آهن مانند اغلب صنعت‌های پیشرفته ازماشین‌های حساب الکترونیک‌در امور اداری وحسابداری وتنظیم برنامه‌ی‌ساخت کالا واخیراً درخودکاری استفاده میکند. جمله خودکاری ویا خودکار ساختن عمل یک‌ماشین ویایک‌مجموعه‌ی صنعتی غالباً درنوشته‌های فنی به چشم میخورد ولی همیشه دارای معنای مشخصی ودر نتیجه توضیح مختصری درباره آن ضرورت دارد.

خودکار ساختن (Automatisation) عبارتست ازبکاربردن وسیله‌هائی در مجموعه‌ی صنعتی که اگر درضمن کار یک یا چند عامل آن تغییر کند آن مجموعه را خود بخود و بدون دخالت انسان تنظیم کند وبنابراین با ماشینی کردن (Mécanisation) تفاوت دارد. مثلاً درامر توزین وبارگیری مواد اولیه درکوره بلند برحسب برنامه معینی اگر بدون دخالت انسان و بتوسط ماشین‌های فرعی انجام شود آنرا کار ماشینی میگویند درصورتیکه اگر درضمن کار احتیاج به‌تغییرهائی درمقدار رطوبت بادکوره یا مقدار سوخت فرعی و وغیره باشد وتنظیم این عامل‌ها خود بخود انجام شود این عمل را خودکارساختن مینامند.

نتیجه‌ایکه از خودکاری درکوره بلند و یا تبدیل کننده‌های فولادسازی عاید میشود در درجه اول تهیه‌محصول یکنواخت با مشخصات عالی‌تراست و بعلاوه چون مدت کار تقلیل پیدا میکند، توانائی‌دستگاه درشبانه روز ترقی کرده استهلاك نسبی کمترمیشود واین‌خود مزیت بزرگی بشمار میرود.

طریقه خودکاری درکوره‌های بلند (برای بدست آوردن چدن) ودرتبدیل کننده ، (برای بدست آوردن فولاد) و بموجب آخرین پیشرفت‌هائی که حاصل‌شده‌است در دوقسمت به ترتیب شرح‌داده میشود.

الف ـ خودکاری در کوره‌های بلند

۱ ـ کلیات ـ کوره بلند را میتوان به‌یکنوع مبادله کنندهٔ شیمیائی و حرارتی تشبیه کرد که بین فاز گاز صعودی‌از یکطرف و فاز جامد نزولی از طرفی دیگرفعل‌وانفعال‌لازم انجام میگیرد و مانند هرنوع مبادله کننده‌ای‌باید گازها بطور منظم ازلابلای‌ماده‌جامدعبورکند ازاین‌جهت‌بارکوره را از حیث درشتی وطرزمخلوط کردن وغیره را بررسی کرده‌اند وچنانچه‌در مقالهٔ اشاره شده درفوق نوشته شده است دراین راه به‌پیشرفت‌های زیادی نائل شده‌اند وبهترین طرز تنظیم بارکوره بدست آمده است. درهرحال عبور منظم گازها از ناحیه‌ی شکم کوره از پدیده‌های مهم ساختن چدن است و شرط اصلی در امکان خودکاری کوره میباشد در نتیجه کوره‌های قدیمی را که‌دارای وسیله بارگیری و تهیهٔ بار مناسب نباشد نمیتوان خودکار ساخت.

۲ ـ انتخاب شاخص (Modéle) ـ چون فعل‌و انفعال درون کوره بلند بسیار متنوع است هرگاه بخواهند شاخصی انتخاب کنند که‌تمام آنها را منعکس کند به یک مجموعه معادله‌های مفصلی میرسند که حل آنها حتی بوسیله ماشین حساب‌طولانی‌خواهد بود و بعلاوه چون معادله‌های مذکور متکی به‌فرض‌هائی بایستی باشد می‌بینیم که نتیجه بدست آمده از این طریق چندان رضایت بخش نخواهد بود وبنابراین روش ساده‌تری اتخاذ شده که متکی به فعل‌وانفعالهای اصلی درکوره است بطورکلی میتوان گفت که درناحیه‌های کوره باین شرح انجام میگیرد :

اول : ناحیه فوقانی ـ دراین‌ناحیهٔ بارکوره‌تاحدود° ۱۰۰۰ گرم شده و سنگ‌آهن به جسمی شبیه به ووستیت FeO (Wustite) تبدیل میشود.

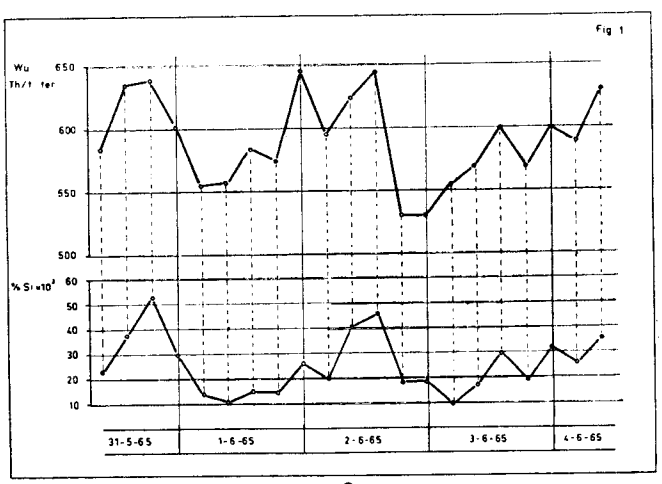
دوم : ناحیه زیرین ـ دراین ناحیه گازهای احیاء کننده تمام اکسید آهن را احیاء کرده آهن احیاء شده تبدیل به چدن میشود که نوع آن بستگی به وضع این ناحیه‌دارد.

هرگاه بیلان حرارتی کوره را مطالعه کنیم خواهیم دید که ضریب Wu دارای نقش اصلی در آن میباشد. Wu عبارت از مجموع آنتالپی (Anthalpie) چدن وسرباره وحرارت احیاء شدن اکسیدهای‌غیر از آهن وافت‌های حرارتی است، این ضریب از یکطرف تابع ترکیب مواد استکه واردکوره میشود. مثلاً وزن کارین ـ مقداررطوبت‌وحجم و حرارت‌هوای‌دم کوره ومقدار سوخت فرعی وهم‌چنین مقدار اکسیژن‌موجود درسنگ‌معدنی و ازطرف‌دیگر تابع ترکیب گازخروجی ازگلوی کوره‌است که‌چون مؤثر در ترکیب چدن‌تولید شده میباشد آنرا بعنوان شاخص انتخاب کرده‌اند وهرگاه کمیت معینی از ضرب مذکور را قبلاً تعیین کنند بوسیله ماشین حساب میتوان درهرلحظه مقدار واقعی Wu را حساب کرده تا اگر با مقدار تعیین شده اختلافی داشته باشدماشین‌مذکور فرمانهای‌لازم را برای اصلاح ضریب صادرکرده کارکوره بطور خودکارتنظیم‌شود.

شاخص Wu موقعی کاملاً صادق است که کوره درحال رژیم دائم باشد و دراین موقع است که مجموع وارده‌های کوره مساوی مجموع صادره‌های از آن است وهرگاه این تساوی برقرارنباشد در ذخیرهٔ موجود درکوره تغیرهائی حاصل میگردد. کوره بلند در حقیقت هیچوقت به‌درستی در حال رژیم دائم‌نخواهد

بود بلکه عمل آن مجموعه پی درپی‌ای از حالتهای کم وبیش منظم است که با وسیله دستی ویا بطورخودکار آنرا تنظیم میکنند ودر هرحال هرعمل تنظیم و هربی‌نظمی موجب میشود که کارکوره از یک رژیم دائم به رژیم دائم‌دیگری تبدیل شود و بین این دوحالت وضع برزخی بوجود میآید که مدت دوام آن تابع نوع متغیری است که بی‌نظمی را بوجود میآورد.

انستیتوی تحقیقات‌ذوب آهن فرانسه‌موسوم به ایرسید (IRSID) برای بدست آوردن‌عاملیکه کوتاه ترین مدت‌حالت برزخ را بوجود میآورد ، عمل یک کورهٔ بلند کارخانهٔ فولاد سازی هومکور (Homécourt) متعلق به‌شرکت سیدلر (SIDELDR) را بوسیلهٔ یک‌ماشین‌حساب الکترونیک‌تحت‌نظر گرفت و در ابتدامعلوم شد که هرگاه حجم هوای دمیده شده‌ومقدار اکسیژن موجود درسنگ معدنی ثابت بماند تغیر ذخیره درون کوره ناچیز است ویا لااقل باسرعت کم تغییر میکند بطوریکه ضریب Wu نمایندهٔ آنتالپی چدن حاصله‌میباشد و چنانچه‌در(شکل ۱) ملاحظه‌میشودمنحنی تغیر Wu درچند روز متوالی تقریباً قابل انطباق بامنحنی‌سیلیسیم درچدن بدست آمده است.



(شکل ۱)

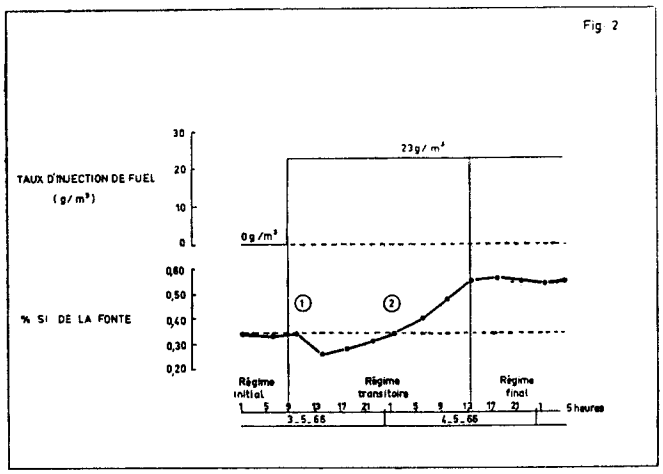
۳ - تعیین کوتاه‌ترین‌مدت برزخ - برای تحقیق دراین موضوع سه راه درنظرگرفته شد باین‌شرح.

اول : طریقه آماری (Méthode statistique) - دراین طریقه باید کوره درمدت‌های طولانی در حال رژیم دائم‌برقرار بماند وبنابراین چون چنین امری بسیار کم اتفاق میافتد این طریقه قابل اجرانیست.

دوم : طریقه‌تغییرعامل ها (Méthode de variation controleé dse facfeurs) این‌طریقه نیز بعلت کندی زیاد عکس‌العمل کوره بلند قابل اجرا نیست.

سوم : طریقه تغیر یک عامل (Méthode des échelons) - دراین طریقه ضمن ثابت‌نگاه‌داشتن تمام عامل ها فقط یکی را بطورناگهانی‌تغییرداده وبه همان کمیت ثابت نگاه میدارند و مرتباً ترکیب گازهای خروجی چدن وسرباره را اندازه گیری وثبت‌میکنندوموقعیکه ترکیب‌های مذکور ثابت شد میتوان‌مدت‌برزخ را حساب کرد. از آنجائیکه‌طریقه‌با سهولت بیشتری‌قابل‌اجرا میباشد مورد توجه قرارگرفت وآزمایش‌های مختلف

نشان‌داد که اگر مثلاً مقدار سوخت فرعی را از صفر به ٤ کیلوگرم برای هرتن چدن ترقی دهند دیده میشود که (ش ۲) ابتدا درمدت ٥ ساعت حرارت کوره تنزل‌میکند (بعلت پدیده کراکینگ سوخت) و سپس درجه حرارت کوره‌ترقی کرده و پس از ۲۸ ساعت به رژیم دائم میرسد بدیهی است چون این مدت بسیار زیاداست این عامل را (تغییر مقدار سوخت‌فرعی) نمیتوان برای تنظیم کار کوره بکاربرد وبهمین ترتیب تغییر درجهٔ حرارت باد دم کوره بوده است که مدت برقراری رژیم دائم درباره آن به ۱۰ تا ۱۲ ساعت میرسد ولی تغییر



مقدار رطوبت هوای دم دارای سرعت تأثیر قابل قبول‌است بطوریکه رژیم کوره‌پس ازیکساعت‌برقرارمیشود.

نظربه مراتب فوق‌برای تنظیم کوره فقط عامل رطوبت هوای دم را مورداستفاده قرار داده‌اند وهم اکنون درکورهٔ بلند کارخانه رومباس (Rombas)متعلق به‌شرکت‌فرانسوی‌سیدلر (SIDELOR) این‌رویه مورد استفاده قرارگرفته است.

ب ـ خودکاری درفولادسازی

۱ ـ کلیات ـ میدانیم که برای بدست آوردن فولاد طریقه‌های مختلفی ازقبیل : بوته ـ بسمر ـ تماس ـ زیمنس‌مارتن بکار برده شده‌است ولی طریقهٔ تبدیل با استفاده‌از اکسیژن خالص (LD) که جدیدتر است به سرعت جانشین‌طریقه‌های دیگر میشود چنانچه درمدت ده سال از ۱۹٥۰ تا ۱۹٦۰ مقدار فولادیکه ازاین راه بدست آمد سالیانه ازصفر تا ۱۲ میلیون تن ترقی کرد و پس ازگذشت شش سال دیگر یعنی تا سال ۱۹٦٦ مقدار فولاد حاصله ازطریقهٔ LD تا ۱۲۰ میلیون تن بالغ گردید (محصول کل فولاد جهانی‌در ۱۹٦٦ مقدار ٤۷٤میلیون‌تن بوده است)بنابراین طبیعی است کهٔ در تکمیل این طریقه ومخصوصاًخودکاری آن کوشش فراوانی بشود وچون مدت کار تبدیل کننده برای هرپخت به ٤۰ دقیقه تقلیل یافته لزوم‌خودکار ساختن وکار آن محسوس‌تر شده است و نظربااینکه این دستگاه‌ها ساخت جدید میباشد و از وسائل جدید ماشینی برخوردار است تجهیزشان برای عمل خودکاری سهل‌تر وامکان پذیر میباشد.

۲ـانتخاب‌شاخص ـ برای‌خودکارساختن تبدیل کننده (Convertisseur) دو طریقه میتوان‌بکار برد که درضمن باهم ناسازگار نمیباشد.

طریقهٔ اول موسوم به طریقه استاتیک است که درآن بیلان‌های جرمی وحرارتی دستگاه را حساب کرده ودرنتیجه فولادی که دارای فرمول لازم باشد بدست میآورند.

طریقه‌دوم موسوم به طریقهٔ دینامیک‌است که‌درآن باید بطور متناوب ویا دائم‌مشخصه‌های‌دستگاه را اندازه‌گیری کردودستگاه را طوری هدایت‌نمود که به نتیجهٔ برسد. این طریقه محتاج به وسائل مخصوصی است که با درنظرگرفتن سرعت درعمل تبدیل کننده ودرجهٔ حرارت درون آن ساختمانشان مشکل میباشد.

شاخصیکه برای خودکاری‌تبدیل کننده مورد استفاده قرار داده شده برسه‌نوع است:

اول : شاخص ترمودینامیک ـ این شاخص را برای حساب بیلان حرارتی و جرمی میتوان بکاربرد ولی چون از طرفی ضریب‌های مورد نیاز در حرارت‌های زیاد چندان دقیق نمیباشد و از طرف دیگر بعضی از فعل‌وانفعالات دستگاه بخوبی معلوم نیست ، این شاخص به تنهائی قابل استفاده نمیباشد.

دوم : شاخص آماری ـ این شاخص براساس‌آمار بدست آمده ازچندین پخت تعیین میشود.

سوم : شاخص‌مقایسه‌ای ـ این‌شاخص‌راازاختلاف‌بین مشخص‌های‌پخت‌های‌متوالی بدست‌میآورند.

چون هریک ازشاخص‌ها بطور جداگانه به نتیجهٔ رضایت بخش نمیرسد ترتیبی داده شده که هرسه نوع آنها ویا لااقل‌مجموعه‌ای ازقسمت‌های‌حساس هریک بکاربرده شود.

۳ ـ وسیله‌های اندازه‌گیری ـ دراینجابطوراختصار به شرح وسیله‌های اندازه‌گیری که مخصوص خودکارساختن تبدیل کننده‌است اکتفا میشود.

اول : تجزیه سرباره و فولاد ـ نمونه سرباره وفولاد ساخته شده را به طریقه اسپکترومتری (Spectrométrie) تجزیه میکنند. این طریقه بسیار سریع است واز لحظه‌ایکه نمونه را برداشت میکنند تا دریافت پاسخ کمتر از ٤ دقیقه لازم است.

دوم : تعیین درجهٔ حرارت ـ درجهٔ حرارت را با باترموکوپل تعیین میکنند عملی منقطع بوده و در هرمرتبه باید تبدیل کننده‌رابخوابانند. اخیراً در اتازونی ، ترموکوپل را به وزنه کوچکی مربوط وبه درون تبدیل کننده‌رها میکنند تا بدون‌آنکه محتاج به خواباندن تبدیل کننده باشدوسیله قبل از ذوب شدن‌سیم های اتصال به ترموکوپل ، درجه حرارت را تعیین کند.

برای تعیین‌درجه‌حرارت بطور دائم مطالعه‌هائی در جریان است درحال‌حاضر طریقهٔ پیرومتر دورنگ (Pyrométre bicolore) و ترمرکوپل که در جدار تبدیل کننده قرار میدهند بیشتر مورد توجه است ولی هنوز به مرحله صنعتی نرسیده است.

سوم : تجزیه گازهای خروجی ـ برای تعیین و تخمین مقدار کربنی که سوخته و بصورت گاز خارج میشود از رنگ دودها و درجهٔ تیرگی آنها استفاده میشد (عملی که بستگی به دید متصدی دارد) و بنابراین برای خودکاری‌دستگاه‌قابل‌استفاده‌نیست. ازاین جهت‌طریقه‌ایکه شرح داده میشود وبوسیلهٔ انستیوی‌ایرسید تعبیه شده بکار برده میشود.

آزمایش‌های متعدد نشان داده است که سرعت سوختن کربن محتوی درچدن درون تبدیل کننده

تابع این فومول است :

$$\frac{dC}{dt} = K[\alpha(t) + \beta(t)]Q(t) - A(t)$$

که در آن $\alpha(t)$: عیار CO^2 درگاز خروجی درلحظه t است.

$\beta(t)$: عیار CO درگاز خروجی درلحظه t است.

$Q(t)$: حجم گازهای خروجی در فشار و حرارت معمولی است.

$A(t)$: مقدار کربنی است که در لحظه t بطور ناخواسته وارد توده مذاب میشود. مانند کربن باقیمانده در آهک اضافه شده و کربن اضافی موجود درآسترتبدیل کننده .

K : ضریبی که تابع واحدهای انتخاب شده است.

پس مقدار کل کربن که‌از ابتدای‌پخت‌تالحظهٔ t از درون دستگاه سوخته وخارج شده است مساوی است با :

$$C = \int_0^t \frac{dc}{dt} dt$$

و از آنجائیکه‌مقدار کاربن اولیهٔ‌چدن‌معلوم است ، در هرلحظه عیار کربن موجود در تودهٔ مذاب معلوم‌میشود.

٤ ـ مثال ـ اینک بطور مثال طرز عمل یک تبدیل کنندهٔ خودکار OLP باظرفیت ٦٠ تن که در کارخانهٔ دونن (Donain) متعلق به‌شرکت‌فرانسوی اوزینور (USINOR) مشغول کار است وچدن‌فسفردار در آن بکابرده‌میشود داده میشود :

ماشین حساب (CAE RW ٣٠٠) بموجب صورت تجزیهٔ نمونهٔ چدنیکه از مخلوط کننده برداشت کرده‌اند وهمچنین وزن چدنیکه متصدی اعلام کرده است ، مقدار آهن قراضه لازم راحساب‌میکنند و پس‌از بارگیری کامل تبدیل کننده‌بادمیدن‌اکسیژن‌خالص مرحلهٔ‌اول کار را آغاز میکنند ودر این وقت‌ماشین‌حساب این کارهاانجام‌میدهد.

ـ وضع ابتدائی لولهٔ دم اکسیژن خالص را تعیین کرده و فرمان لازم را صادر میکند ،

ـ شیر اکسیژن خالص را باندازهٔ لازم بازمیکند ،

ـ درهرلحظه سوخت کربن درون تبدیل کننده را اندازه‌میگیرد ،

ـ فاصلهٔ انتهای لوله دم اکسیژن خالص تا سطح توده مذاب را تنظیم میکند ،

ـ درهرلحظه مقدار کربن موجود در تودهٔ مذاب را حساب میکند ،

ـ مقدار اضافه‌های لازم را حساب کرده ورود آنها را به دستگاه،فرمان میدهد ،

ـ همینکه‌عیار کربن توده‌مذاب به‌مقداریکه قبلاً تعیین کرده‌اند برسد (مثلاً ٨ر٠٪) بطورخودکار شیر ورود اکسیژن مسدود شده و لولهٔ دم از دستگاه خارج میشود و بدین‌ترتیب مرحلهٔ اول به پایان میرسد در این موقع دستگاه را میخوابانند (مایل میکنند) و پس از خارج کردن سرباره و برداشت یک نمونه برای اسپکترومتری دوباره تبدیل کننده را بحالت قائم درآورده و برای مرحله دوم آماده میکنند.

هنگام‌شروع به‌کار درمرحله دوم نیزماشین حساب وضع لوله دم ومقدار اکسیژن خالص راتعیین میکند و بموجب صورت تجزیه‌ایکه از نمونه برداشت شده و در آخر مرحله اول دریافت میدارد اصلاح لازم برای ماده‌های‌اضافی را مینماید وچون مقدارکربن درفولاد مذاب به حدمطلوب (مثلاً ۰٫۰۳۵٪) برسد کار را متوقف میکند.

در طریقهٔ شرح داده شده پائین آوردن کربن درمرحله اول‌در توده‌مذاب تا ۰٫۰۸٪ با اختلاف آماری σ=۰٫۰۱٪ ودرمرحله دوم درفولاد با ۰٫۰۳۵٪ با σ=۰٫۰۰۱۴٪ انجام میشود بدون آنکه اختلاف آماری درجهٔ حرارت از ۱۱° تجاوزکند.

مأخذ

Annales des Mines : Aôut 1967.

Rapports de IRSID· en 1966.

La Revue des Ingénieurs : novembre 1967.

etc ...