

Fig. 4. Operational result of mix moisture.

VI. 結 言

中性子水分計により混合原料の水分変動は少なくなつたが返銼の変動が大きい場合制御が悪くなるので返銼の温度、流量による水分の二次制御を自動制御に組入れることを考へている。中性子水分計による焼結原料水分の自動制御は良好に行なわれている。

543.712 : 669.162.1

(14) 高炉原料水分の連続測定法

(中性子水分計の応用について—II)

日本鋼管, 川崎製鉄所 No. 64176

小林 正・安藤 遼・伊沢哲夫・宮下恒雄

Continuous Measurement of Moisture in Raw Materials for Blast Furnace.

(Application of neutron moisture meter—II)

Tadashi KOBAYASHI, Ryo ANDO,

Tetsuo IZAWA and Tsuneo MIYASHITA.

I. ま え が き PP/590-1592

高炉熱変動の要因は数多くあるが、これを大別すると、衝風、装入物などの外的要因と、炉内諸反応などの内的要因の2つに分かれる。後者についての研究は高炉計算制御としてすでにその概要を報告したので、今回は前者のうちで最も大きな変動要因である装入物水分についての研究結果を報告する。

II. 水分測定の意義

最近計量、計測器の進歩により、各要因とも精密な制御が可能となつたが、まだ満足し得ない状態のものもあり、これら各要因の日常変動が高炉々熱におよぼす影響の度合を推定すると Fig. 1 の通りとなる。

ここで明らかごとく降雨時の装入物の水分変動による影響が大きく、かつ、この測定は従来より乾燥法によつて行なうので連続的に行なえず、少なくとも数時間の遅れは覚悟せねばならず、適時のフィードバックコントロールが不可能な状態であつた。そこで当所においては高炉計算制御の一環として、この原料水分の連続測定法を開発し、その変動を把握して、銼石対コークスの比をドライの状態に一定に保ち炉熱の変動を防ぎ、炉況の安定化および銼鉄品質の安定化を図らんとするもので、36年以降鋭意研究を続け、翌37年に一応完成し試験操業を実施した。その後さらに改良を加え実用化している。

III. 水分測定法の原理

装入物の水分を連続的に測定する方法としては試料の電気伝導率、誘導率、熱伝導率などの特性が水分含有量によつて変化するものであるが、いずれも満足するまでにいたっていない。そこで中性子の減速作用を利用することにした。この方法は試料の大きさが大で、かつ試料数も多く、サンプリング誤差が避けられ、さらに水分を自動補正するための電気信号として取り出せるなど従来法には見られない多くの利点を有している。

ここで問題になるのは原料中の各種元素の減速能であるが、幸い水素は他の元素に較べて桁違いに大きな値を持つており、この特異性を利用して各種周辺条件に影響されにくい水分計を作ることができるのである。ただし試料中に水素を含む物質が水だけであれば問題はないが、水以外に有機物のような水素を含む物質がある場合にはその分を補正せねばならない。またこの方法では銼石中の結晶水と付着水を区別することは不可能であることは勿論である。

IV. 基礎実験結果

工場実験を行なうまえに、表面型および挿入型の水分計を用いて、試料の容積の影響、密度の影響、成分の影響、粒度の影響などについての基礎実験を行なつた。この詳細についてはすでに本学会に報告しており省略するが、およそ次の通りである。

(1) 試料容積の影響

出力は比較的近い部分の試料によつてほとんど決定されてしまうのであまり問題にならないが、近い部分に水分偏析がある場合には問題となる。

(2) 試料密度の影響

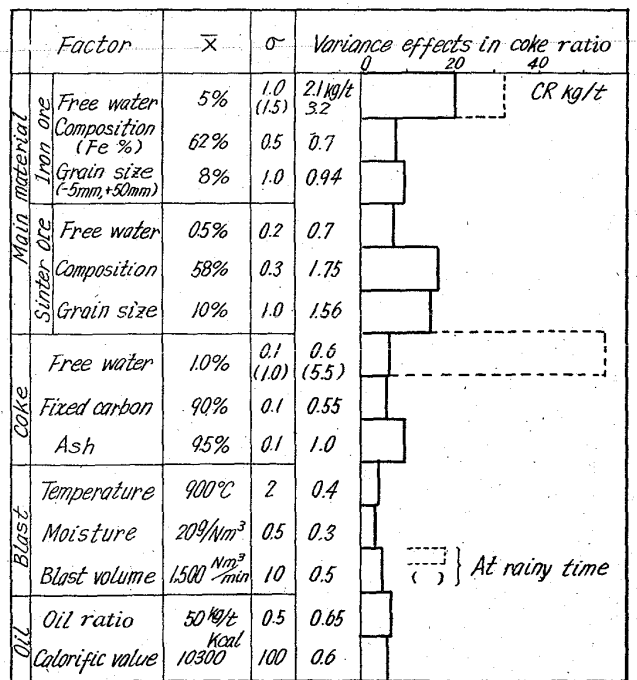


Fig. 1. Variance of factors and the ireffect at heat level.

出力に対して密度の影響は大きく表われるが、高炉用に整粒されたものに対しては大して問題にならない。

(3) 試料成分の影響

高炉原料中出力に影響をするものは Fe 元素だけであり Fe 分の ±1% の変動は水分に換算して ±0.1% の変動に相当する誤差を生ずる。

(4) 試料粒度の影響

粒度が変わると一般に密度変化を起し問題となるが、第(2)項同様、現状粒度分布を維持する限り測定に大した影響は与えない。

V. 製鉄工場における実験

中性子水分計を用いれば一応は連続した計測値が得られることは基礎実験によりすでに明らかであるが、問題は計測値を用いて実際の高炉操業において装入物中の水分変動が精度よく測定できるか否かである。

(1) コークス水分の連続測定

昭和 36 年 6~8 月に当所 5 高炉を対象として実験を行なった。これは装入コークスの水分を人為的に変化させ、その水分計測値とこれに対応する様にサンプリングしたコークスの乾燥法による測定値とを対比した特性曲線を作成し、本測定法の実用性を検討した。

中性子線源としては  $R_a-B_e$  (20mC)、検出器は BF3 比例計数管を用い表面型としてコークビン下部側壁に取付け、対応する試料は約 5kg 採取し乾燥法によつて水分を測定した。なおコークス水分を変化させるためには高炉直送コークスコンベアー上で一定期間水分が数%になるように撒水加湿した。

(2) キャリブレーションカーブ (Calibration Curve) の作成

コークス水分と中性子水分計々測値との関係は Fig. 2 に示すように再現性のよいものが得られたので、これに基づき連続的に水分補正を行なつて操業すれば高炉はかなり安定することが確実となつた。

なおデータは  $\sigma=0.54\%$  でバラツキているがこの理由としては次の事が考えられる。

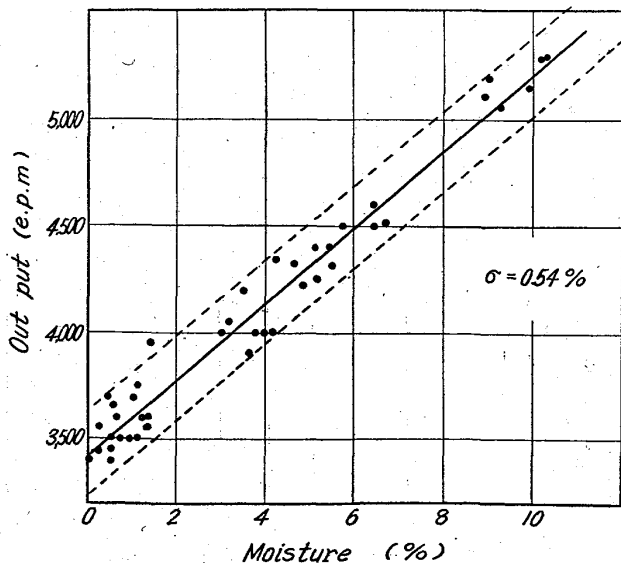


Fig. 2. Relation between coke moisture and its out put.

① 水分計で測定したコークスと乾燥用に採取したコークスが必ずしも対応していない。

② 測定点におけるコークスの粒度分布および嵩密度の変動。

③ サンプリング誤差。

④ 乾燥法の測定誤差。

しかしこの精度でコークス水分が測定できれば高炉操業上は非常に有用となる。

(3) コークス水分変動の高炉への影響

コークス水分の炉熱におよぼす変動から、逆にコークス水分の測定値の必要精度を算出する目的でこの調査をした。Fig. 3 に示すように人為的に加湿したコークスが羽口先に降下した後に銑鉄中 Si の低下が見られた。この実験からも加湿コークスの装入はコークスペースの低下と本質的に全く同じであることが確認された。

一方コークスペースをステップ状に変化させた場合に Si% は指数函数的に変化することがすでに時系列解析の結果判つており、これを数式化すると次の通りである。

$$\Delta[\text{Si}] = A\Delta C \{1 - e^{-(t-t_0)/T}\} \% \dots\dots\dots (1)$$

ここで、

$\Delta[\text{Si}]$ : 銑鉄中 Si% の増加分

$\Delta C$ : コークベース変化量 (ただしベース 3.2 t)

$t$ : コークベース変更後の経過時間

$t_0$ : 装入物降下時間

$T$ : 時定数

$A$ : 常数

今回の実験結果より (1) 式の係数を求めると次のような実験式となる。

$$\Delta[\text{Si}] = 0.0014 \Delta C \{1 - e^{-(t-7)/3}\} \dots\dots\dots (2)$$

また従来の技術標準よりこの式の各係数を逆算すると

$$\Delta[\text{Si}] = 0.0043 \Delta C \{1 - e^{-(t-7)/3}\} \dots\dots\dots (3)$$

となる。ここで (2) (3) 式の間にかかなりの相違があるのは技術標準が長期のデータについて 5 日間の平均を 1 点として重回帰分析により求めたもので、このデータの扱い方の相違により異なつて来たものであろうと考えられる。

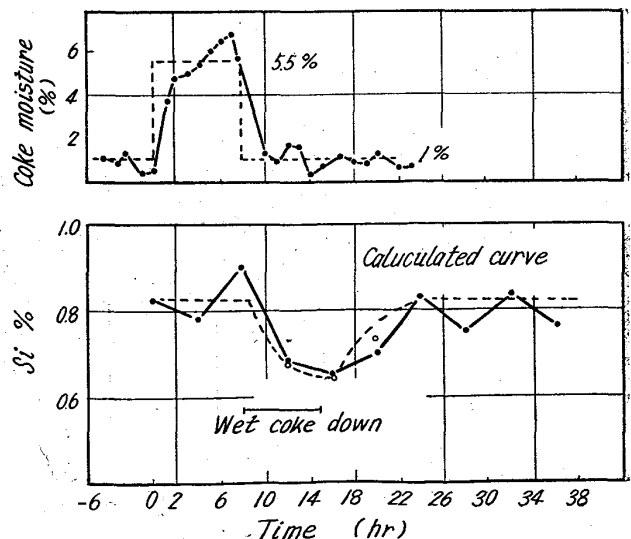


Fig. 3. Effect of wet coke for silicon content of pig.

662.749.2

(2) (3) 式より  $4[Si]$  の値は、

$$0.00144C < 4[Si] < 0.00434C \dots\dots\dots (4)$$

の範囲にあると考え、これより 0.1% の Si 変動を生ずるためのコークス水分の変動を求めると、2.4~0.7% となる。これより Si の変動を 0.1% 以下に抑えるためにはコークス水分は ±1% の精度で検出し、直ちにアクションを取る必要があるわけで、この測定法の精度でも一応役立つことがわかった。

(4) 鉄鉱石中水分の連続測定

コークスと同様な考え方にに基づき鉄鉱石に対しても実験をした。ただし鉄鉱石の場合測定に寄与する範囲は半径 250mm の半球部分であり、コンクリート槽はコンクリート中に水分を含むので鉄製ホッパーを対象として実験を行ない、測定銘柄は比較的濡れにくい鉄鉱石としてインド鉄を、濡れやすい鉄鉱石の代表としてゴア鉄を選んで行なった。

(5) 鉄鉱石の Calibration Curve の作成

測定した結果得られた鉄鉱石水分と水分計出力との関係を Fig. 4 に示す。ただし鉄鉱石水分は結晶水分を別に求め差し引いたものである。

なおコークスの場合に較べて精度が悪いが、その理由としては次のことが考えられる。

- ① 両銘柄の特性直線の勾配が異なるのは、嵩密度の影響と考えられる。
- ② ホッパー形状の関係で片減りを生じ試料の対応がよくなかった。
- ③ コークスに較べて有効範囲が狭く、したがって感度も悪かった。

鉄鉱石の場合測定対象が多く、銘柄により結晶水、嵩密度、成分などの相違があるが銘柄ごとにカーブを描いておけば実用上水分の測定が可能であり、さらに挿入型水分計を用いれば精度感度ともに向上することが可能である。

VI. む す び

中性子水分計を用いて測定する場合には、測定に寄与する範囲が問題となり、コークスでは 400~600mm 鉄鉱石では 200~300mm 以内で特に検出器に近い試料ほど強い影響があるので、水分偏析の最も少ない位置での測

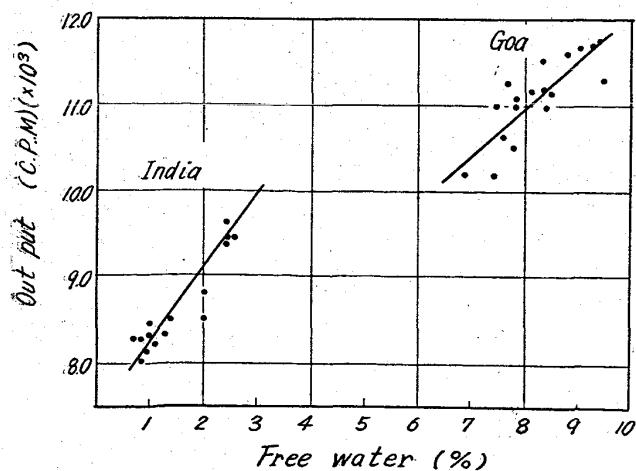


Fig. 4. Relation between ore moisture and its out put.

定が大切である。

当所ではコークスについては表面型による測定器を設置し、自動的なフィードバックコントロールを行なっている。鉄鉱石については銘柄が多いのでポータブルの挿入型を用いて実用化してゆく考えである。

662.741:662.664:543,712

(15) 装入炭の水分量、予熱温度と生成コークスの品質

八幡製鉄所、技術研究所 No.6477  
 工博 城 博・工博 井田四郎・西 徹  
 Relation among Moisture Contents and Pre-Heating Temperature of Charge Coal and Characteristics of Coke.

Dr. Hiroshi JOH, Dr. Shiro IDA and Tetsu NISHI.

771592~1594

I. 緒 言

コークス炉に装入する原料炭を装入前に予備処理を行ない、原料炭のコークス化性を向上せしめ、優良高炉用コークスを製造する方法については、以前より検討され、2, 3 の方策が開発されている。これらの方法のうち最近各国において活発に検討されつつあるものに Dry-Charging 法、予熱法がある。この両法を系統的に検討した。この間の経過をまとめた。

II. 研究経過

1. 机上実験

(i) 供試試料の調整法

まず Dry-charging 用装入炭としては、水分約 8% の装入炭を天日で乾燥し、水分を 1.5% に落とし、これを基炭にして、水分を添加し添入炭の水分が 5%, 8%, になるように調整し水分 1.5%, 5%, 8% の 3 種装入炭を準備した。また予熱法用装入炭は前述の水分 1.5% の装入炭を用いてロータリードライヤーにより装入炭の予熱温度を 100°C, 150°C, 200°C, の 3 水準に変えた 3 種装入炭を製造した。したがって供試試料は 6 種である。

(ii) 装入炭の水分量および予熱温度と装入密度

上記 2 方法によつて調整した装入炭の装入密度を A. S. T. M. 法により測定した。Fig. 1 にその結果を示す。これによると、水分量が少なくなるにつれて、装入密度は大きくなるのが認められる。一方予熱温度の影響は、温度が高くなるにつれて多少装入密度は向上する傾向にあ

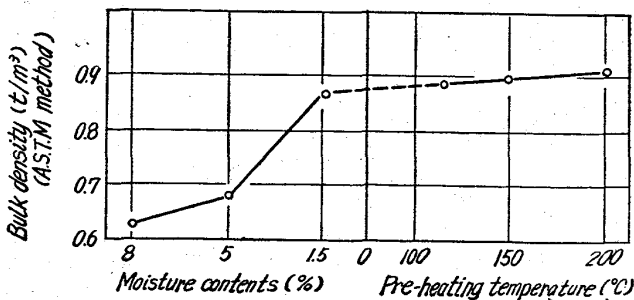


Fig. 1. Relation among moisture contents, pre-heating temperature and bulk density.