

文 献

- 1) 藤井: 鉄と鋼, 45 (1959), p. 1248
- 2) 藤井: 鉄と鋼, 46 (1960), p. 12
- 3) 藤井, 浦: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 407

669,184,244,66:669,046,564
 :669,784:669,012,1-52

(55) “脱炭モデル” をもとにした転
 炉制御方式の開発

(転炉への計算制御に関する研究—Ⅱ)

住友金属工業, 和歌山製鉄所

理博 藤井毅彦・荒木泰治・○丸川雄浄

Development of the Control System in the
 Oxygen Process on the Basis of “The
 Decarburization Model”.

(Study on the computing control to an oxygen
 converter—Ⅱ)

Dr. Takehiko FUJII, Taiji ARAKI
 and Katsukiyo MARUKAWA.

1. 緒 言

前報において, 実験炉, 平炉, 転炉の脱炭反応機構を
 基礎的理論にもとずいて検討し, 特に転炉の吹錬にたい
 して, 脱炭状況の違いにより, 吹錬を3つに区分すると
 ころの脱炭モデルをつくることができた. 本論文におい
 ては, この脱炭モデルをもとにして転炉の新しい計算制
 御方法を開発し, 実際の転炉において検討を加えたの
 で, その結果について報告する.

2. 脱炭モデル方式について

Fig. 1 に転炉の脱炭モデルをしめす. この脱炭モデル
 により, 転炉の吹錬は, 3つの吹錬期に分けられ, 各吹
 錬期はつぎのような数式によつてあらわされる.

第Ⅰ吹錬期 $-dc/dt = k_1 t$ k_1, k_2, k_3 : 定数

第Ⅱ吹錬期 $-dc/dt = k_2 Q$ Q : 酸素流量

第Ⅲ吹錬期 $-dc/dt = k_3 C$ C : 鋼浴炭素濃度

これにより, 吹錬前か, もしくは, 吹錬途中での溶鋼
 中炭素量がわかれば, それ以後のいかなる時点の鋼浴炭
 素濃度も計算できる. ただし, この計算に先だち, それ
 ぞれの吹錬条件に対して, 3つの定数 k_1, k_2, k_3 を定め
 なければならない. この3つの定数は, つぎのような性
 格をもち, つぎのようにして求められる.

k_1 : これは Fig. 1 の第Ⅰ吹錬期の時間に対する上り
 勾配にあたる. したがつて第Ⅰ吹錬の時間 (time \overline{AB}) と
 第Ⅱ吹錬期の脱炭速度値 ($(-dc/dt)_{max}$) によつて求め
 られる.

$$k_1 = (-dc/dt)_{max} / \text{time } \overline{AB}$$

k_2 : これは第Ⅱ吹錬期の酸素効率によつて定まる.

k_3 : これは Fig. 1 の第Ⅲ吹錬期の下り勾配にあたる.
 したがつて, 第Ⅲ吹錬期開始の時点 (D点) の鋼浴炭素濃
 度 ($C_D\%$) と第Ⅱ吹錬期の脱炭速度値 ($(-dc/dt)_{max}$) に
 よつて求められる.

$$k_3 = (-dc/dt)_{max} / C_D$$

以上より, k_1, k_2, k_3 の値を定めるには, 第Ⅰ吹錬期の
 時間 (time \overline{AB}) と第Ⅱ吹錬期の酸素効率とD点の鋼浴炭

素濃度の3つを定めればよい. そして, これにより, 脱
 炭モデルが完成されたといえる. この3つの値 (time \overline{AB} ,
 第Ⅱ吹錬期の酸素効率, $C_D\%$) が脱炭モデルの管理ポ
 イントとなる. したがつて, 前もつてこの3つの管理ポ
 イントを定めて吹錬時間を計算することになれば, それは
 スタティック・コントロールになり, この3つの管理ポ
 イントを排ガスによる脱炭速度の連続測定によつて, 吹
 錬中に決定すれば, ダイナミックコントロールが可能と
 なる.

3. 脱炭モデル方式による炭素濃度の
 スタティック・コントロール

スタティック・コントロールによる吹錬時間の計算方法
 をつぎに示す.

まず Fig. 1 に示したD点までの吹錬時間を計算する
 とつぎの式で求められる.

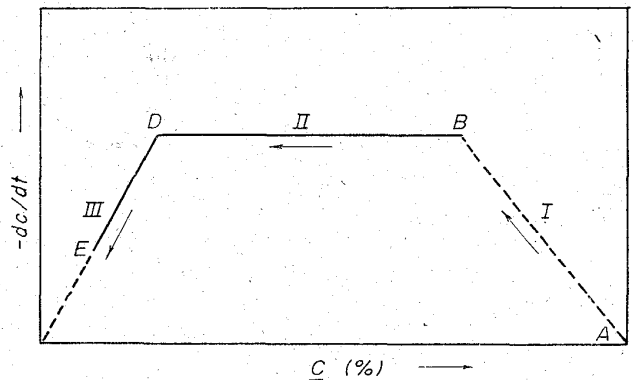


Fig. 1. Decarburization model.

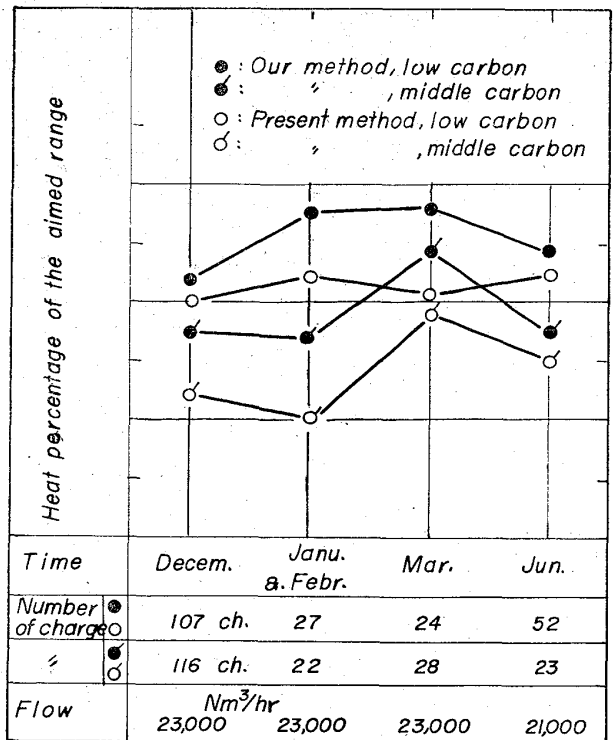


Fig. 2. Changes of the results of carbon control
 and difference between our method and
 present method.

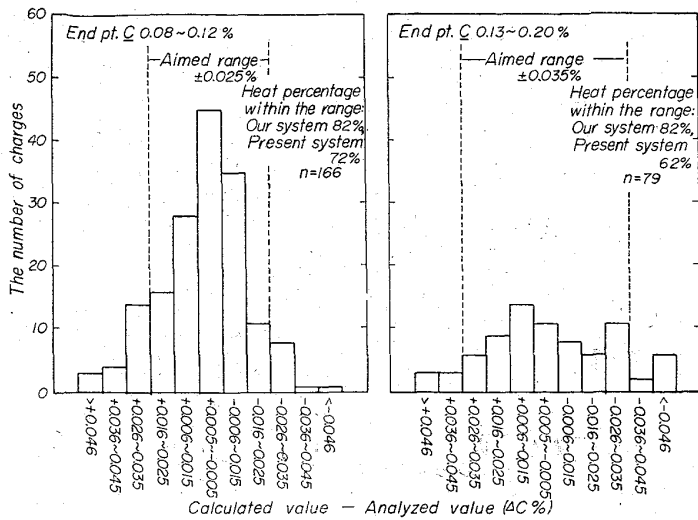


Fig. 3. Heat percentage with in the range of the dynamic control on the basis of "the decarburization model".

$$\text{time } \overline{AD} = \frac{C_{in} - C_D(W_{in} - \alpha)}{(-dc/dt)_{max}} + \frac{1}{2} \text{time } \overline{AB} \quad \dots (1)$$

ただし time \overline{AD} : A~Dに到る吹錬時間 (min)

C_{in} : 装入炭素重量 (t)

C_D : D点の鋼浴炭素濃度 (%)

W_{in} : 装入主原料重量 (t)

α : D点までの溶鋼の減少重量 (t)

第Ⅲ吹錬期の計算は、次のようにして行なう。

$$-dc/dt = k_3 C \quad \dots (2)$$

$$k_3 = 100 \times (-dc/dt)_{max} / C_D(W_{in} - \alpha) \quad \dots (3)$$

(2)式を変形すると

$$-\int_{C_E}^{C_D} \frac{1}{C} dC = \int_{t_{\overline{AB}}}^{t_{\overline{AD}}} k_3 dt \quad \dots (4)$$

よつて $t_{\overline{AB}} = (\ln C_D - \ln C_E) / k_3 + t_{\overline{AD}} \quad \dots (5)$

(5)式に(1)式および(3)式を代入すると目標炭素濃度 (C_E) にするための全吹錬時間 ($t_{\overline{AB}}$) が求められる。

以上のようにして、脱炭モデルの3つの管理ポイントの値が定まれば、スタティック・コントロールができる。

以上のようにして計算した結果を、実操業の適中率と対比させて、推移を示したのが Fig.2である。ただし、この適中率は、終点炭素濃度 0.05% のとき、 $\pm 0.02\%$; 0.15% とき $\pm 0.03\%$ を的中範囲とした。これを見て、装入炭素量計算の大きな誤差が入っているにもかかわらず、この脱炭モデル方式のスタティック・コントロールは、かなり適中率が良好で有望であることがわかる。

4. 脱炭モデル方式による鋼浴炭素濃度のダイナミック・コントロール

脱炭モデル方式による、終点鋼浴炭素濃度のダイナミック・コントロールは、前述した脱炭モデル方式の3つの管理ポイントのそれぞれに対応して、3つの方法が考えられる。このダイナミックの方法をつぎに示す。

第Ⅰ法: 第Ⅰ吹錬時間 (time \overline{AB}) の変動の補正の方法
 予定 time \overline{AB} と脱炭速度チャートからの実測 time \overline{AB} とを比較し、差が生じれば、それに従い予定吹錬時間を補正する。

第Ⅱ法: 最高脱炭速度値 ($(-dc/dt)_{max}$) の変動の補正の方法

これによる補正は、予定酸素流量のバラツキや、大きな酸素純度の低下が推察される。

第Ⅲ法: D点に到るまでの所要時間 (time \overline{AD}) の変動の補正の方法

この time \overline{AD} は、スタティック・コントロールにより、あらかじめ計算できるが、その計算された時間と実測された時間とを比較すると、その後の吹錬時間が適正なものに補正できる。

以上が、脱炭モデル方式によるダイナミック・コントロールの3つの方法の原理である。上の第Ⅱ法は、現在までの実際の転炉における計測精度から、脱炭速度チャートの絶対値に、いま少し信頼度が欠けるので、ここでは一応保留しておく。これに対し、第Ⅰ法と第Ⅲ法は、その管理ポイントが脱炭速度チャートの絶対値ではなくて、相対値にあるので、第Ⅱ法にくらべ有利である。ただこのうちの第Ⅰ法のほうは、その計算過程に誤差の多い装入炭素量を含んでおり、しかも吹錬後半のチャージ特性を補正することができない。したがって、現在脱炭モデル方式による3つのダイナミック・コントロールの方法のうち、最も有望なものは、第Ⅲ法である。この第Ⅲ法による適用結果を Fig. 3 に示す。現場の的中率と比較すると、低炭素鋼では、現場的中率が、72% に対して 82%、中炭素鋼では、62% に対して 82% とまずまずの結果である。今後排ガス測定機構ならびに精度の向上を行なえば、もつと良いの中が可能と考えられる。

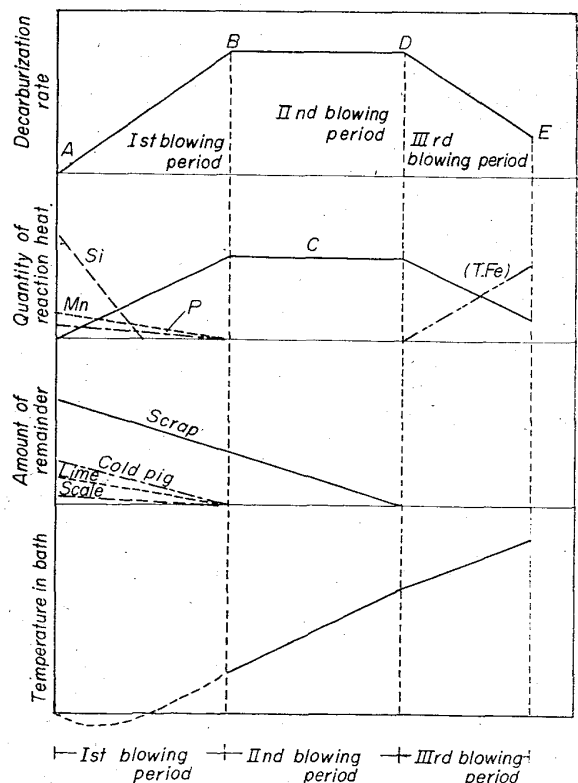


Fig. 4. Correspondence of "the decarburization model" with "the temperature model".

5. 脱炭モデルをもとにした温度モデル

転炉操業の吹錬においてコントロールしなければならぬ主たるものは、炭素濃度と鋼浴温度の2つである。この2つが、同時にコントロールされてはじめて有効な、吹錬のコントロールとなる。この温度コントロールを行なうには、まず浴温上昇のメカニズムを正しく把握することが必要である。この吹錬過程における浴温上昇のメカニズムを脱炭モデルの考え方を基にして検討してみた。すなわち、製鋼炉内における種々の反応は、脱炭反応との密接な関連において進行するのであるから、反応熱によって浴温上昇が進行する転炉等においては、脱炭反応のメカニズムを把握することが、浴温上昇のメカニズムを把握することにつながる。したがって、脱炭モデルの各吹錬期に対応して温度モデルをつくり、昇熱状況を明らかにすることができる。これらの関係を Fig. 4 に示す。これより、途中炉内の浴温測定を行なうことによつて、温度モデルをもとにした鋼浴温度のダイナミック・コントロールも容易に可能となる。

6. 結 言

前報において、転炉の吹錬を脱炭状況の違いにより、3つに区分するところの脱炭モデルをつくつた。この脱炭モデルをもとにして、転炉の新しい制御方法を開発した。すなわち、鋼浴炭素濃度のスタティック・コントロールならびにダイナミック・コントロールの方法を脱炭モデルをもとにしてつくつた。また、脱炭モデルをもとにして、鋼浴温度の昇熱状況を把握できる温度モデルを考えた。これらにより、転炉操業に計算制御を導入するための、ソフトウェアの開発を、大体において完成することができる。

処理水(3000 t)を消石灰を用いて pH 8 程度に調整した。その後吹錬を行ない第1集塵機および第2集塵機の廃水配管より、それぞれ分析試料を採集した。分析試料は吹錬開始後 20 min までは毎分 1 l、20~25 min までは 30 sec 毎に 2 l である。なお炉口からサンプリング場所までのタイムラグは約 30 sec である。

3. 調査結果

3.1 吹錬条件と吹錬結果

気化脱硫の調査を行なつたチャージの吹錬条件と吹錬結果を Table 1 に示す。

3.2 ダスト発生量

ダスト発生量と吹錬時間の関係については、Fig. 1 に示すが、ダスト発生量は 5 min 頃に最大のピークを示しその後、漸次減少していく傾向にある。一回の吹錬で発生するダスト量を Table 2 に示す。(なお第一集塵機のことを No. 1 D.C, 第二集塵機のことを No. 2 D.C と表わす。)

3.3 吹錬時間によるダスト中硫黄含有量の変化

吹錬時間によるダスト中 S の変化は、Fig. 2 に示す通りで、吹錬開始後 20 min ぐらゐまではダスト中 S は 0.14% 程度で変化はないが、20 min 以後は急激な S の上昇が見られる。ダスト中に除去された S 量は Table 3 に示す。

Table 1. Blowing condition and results.

H. M. Weight	117.6 t	Blowing time	24.7 min
Scrap	37.2 t	Cleaning water consumption No. 1	7.38 t/min
Charge	154.8 t	" No. 2	10.9 t/min
P. R.	76%	S content of H. M.	0.034%
O ₂ consumption	7530 Nm ³	S content of end point	0.026%

Table 2. Dust weight.

	Dust min wt% of drain	Dust weight (kg/ch)
No. 1 D.C	0.409%	755 kg (0.409 × 7.38 × 25 × 10)
No. 2 D.C	0.236%	647 kg (0.236 × 10.9 × 25 × 10)
Total		1402 kg

(56) 酸素上吹転炉における気化脱硫について

東海製鉄 森田 和・有賀 昭三
大西保之・千原園典・○竹村洋三

Removal of Sulphur with Gases in LD Converter.

Yawara MORITA, Syōzō ARIGA,
Yasuyuki ŌNISHI, Kunisuke CHIHARA
and Yōzō TAKEMURA.

1. 緒 言

酸素上吹転炉における脱硫反応としては、スラッグによる脱硫と、気相による脱硫の2つの反応が考えられる。スラッグによる脱硫反応としては相当多数の研究報告が出されているが、気相による脱硫については不明な点が多い。転炉における物質収支を行なつた結果では排ガス中の SO₂ 含有量は 1 ppm と非常に低い値を示したので、気化脱硫されたものは大部分集塵水、ダストに収収されているものと考えて、気相脱硫についての調査検討を行なつたので、その結果を報告する。

2. 調査方法

集塵処理水のサンプリングにあつては、サンプリング前 1hr 吹錬を中断して、シックナー内の

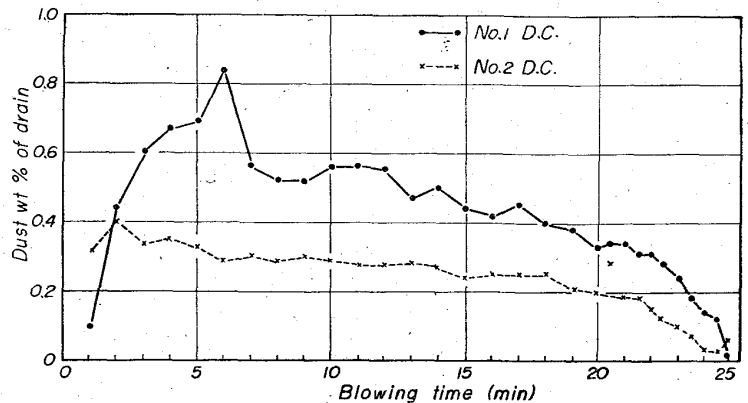


Fig. 1. Relation between blowing time and dust wt% of drain.