

Fig. 3. Solification curve of 20ton carbon steel ingot.

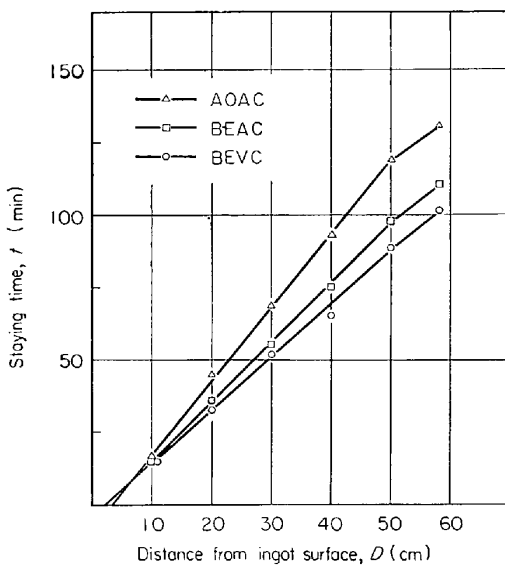


Fig. 4. Staying time of casted steel in temperature range between liquidus and solidus line.

も 鑄込温度の低いAOAC鑄塊では鑄塊表面部付近から mushy state になる時間が長いと考えられる。これは鑄込温度が低いと凝固の開始は早くなり、それともなう凝固潜熱の発生によつて凝固の完了が相対的に遅れてくることに原因するものと考えられる。一方鑄塊内部組織の観察結果ではいわゆる等軸晶域の占める割合はAOAC鑄塊がもつとも大きく、ついでBEVC鑄塊、BEAC鑄塊の順に小さくなつてゐる。それとともに逆V偏析もAOAC鑄塊では鑄塊のより表面部付近から存在することが認められている。このことは現象的には鑄込温度が低い場合に mushy state の存在範囲が広がることに原因するものと考えられる。また鑄込温度のみの影響で考えるとBEAC鑄塊とBEVC鑄塊とでは現象が逆になつてゐるが、これはBEAC鑄塊では平均してS量が0.021%、P量が0.048%でありほかの2鑄塊にくらべてほぼ倍程度であることに原因するものと考えられる。等軸晶の生成機構についてはまだ明らかでなく、いわゆる組成的過冷却現象にもとづく説明も定性的なものにす

ぎず、やはり問題が残る。とくに大型鑄塊では結晶核生成の問題はあるけれども結晶の沈降現象も否定することはできないと考えられる。いづれにしてもいわゆる mushy state の性状を明らかにすることがまず必要であらう。

#### 4. 結 言

一次元の熱伝導方程式にもとづいて鑄塊の凝固時の温度変化ならびに凝固速度を計算した。その結果実操業時の造塊条件の変えうる範囲を考慮した場合に、熱移動の立場からは鑄塊の凝固に対して鑄込温度の影響がもつとも大きいと考えられる。

さきに報告した20t炭素鋼鑄塊の内部組織については鑄込温度の相異による影響が重要であることを示した。

#### 文 献

- 1) 千原, 田岡: 日本鋼管技報, 22 (1961), p. 246
- 2) J. SCHNIEWIND: J. Iron & Steel Inst.(U.K.), 201 (1963), p. 594
- 3) J. G. HENZFL JR and J. KEVERIAN: J. of Metals, 17 (1965), p. 561
- 4) R. J. SARJANT and M. R. SLACK: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 177 (1954), p. 428
- 5) 菅野, 成田, 宮本, 小山, 長谷場, 鈴木: 鉄と鋼, 50 (1964); p. 1770

### 転炉炉内测温と分析による吹止温度、C制御について\*

神戸製鋼, 尼崎工場

藤井 成美・林 正照

On the End Point Temperature and Carbon Control with Dropping Thermocouple and Carbon Detector in the Molten Bath of L. D. Converter during Blowing

Shigeyoshi FUJII and Masateru HAYASHI

#### 1. 緒 言

1963年2月尼崎工場の30t純酸素転炉に富士通製コンピュータ、FIDAP-400A(第1号機)が入荷し、その後1カ年にわたる試運転期間を経て、転炉操業実績の集積と解析に努め、現在吹止温度、Cの予測計算制御を実施中でその概要は一部既報のとおりである。

現在吹止温度、Cの計算制御のために採用されている数式モデルの基本式は(1)式のとおりで、これは1963年に開発された「現、前鋼番操業変数の差の導入によつて計測値、未計測値の誤差を自動的に消去する方式」として著しい成果を示している<sup>2)</sup>。

当工場ではこの他に炉の特性、操業の諸条件を考慮し「現、前鋼番入力値の重みを必ずしも一定としない(2)式」も採用して予測精度の向上に努力しているが、なお

$$y - y' = \sum a(x - x') \dots\dots\dots (1)$$

\* 第73回講演大会にて発表 講演番号84 昭和42年5月10日受付

$$y = by' + \sum cx + \sum dx' \dots \dots \dots (2)$$

ただし  $y$  : 操作量,  $x$  : 制御量  
 (' ) なし : 現鋼番, (' ) あり : 前鋼番  
 $a, b, c, d$  : 係数

不十分なので 1966 年初頭より本研究を開始した.

2. 予測計算制御の問題点と対策

2.1 入力値, 情報量の質と精度

予測計算制御の精度は入力値, 情報量の質, 精度によつて制約されることは明らかで, これ等を適正な精度に維持する必要がある<sup>3)</sup>.

現在当工場では溶銑 Si 濃度をシリコン・メーターによつて分析しているため, やや精度が不十分で, カント・バックによる分析に切替えの準備を進めている.

2.2 情報の入力時機

生産増大の要請にともなつて, 製鋼時間の短縮のため, 吹止後出鋼完了までの時間を極力短縮するように努力している. したがつて吹錬開始後, まだ吹止温度分析値が判明しない時機に次の鋼番の配合率を指示しないと装入開始時機に支障を来す状況になつている. したがつて次の鋼番から数えて 2 鋼番前の温度, 分析値を用いて配合率の補正を行なうことになり, 鋼種鋼量の変化がある場合には予測計算制御のパラッキをますます拡大する傾向にある. (Table 1)

2.3 対策

以上のように製鋼時間の短縮により, 予測計算制御はますますその精度向上を要請されている. この対策として連続測温<sup>4)5)</sup>も考えられるが, 今回は吹錬途中の測温分析により, 予測計算制御の精度向上を試みた. 以下その概要について述べる.

3. 吹錬途中溶鋼測温による吹止温度予測制御

3.1 測定法の特徴

(1) 吹錬途中の溶鋼中に自家製投込式熱電検出部を投入し数秒以内に測定完了し要部を回収再使用する.

Table 1. Time schedule of LD Furnace operation at Amagasaki Plant. Kobe steel.

| Charge No | Time schedule Item              | Order : → Weighing: → |    |           | Measurement of Temp. and C | Calculation                                 |
|-----------|---------------------------------|-----------------------|----|-----------|----------------------------|---|
|           |                                 | B. Lime               | SC | Flourspur |                            |   |
|           |                                 | HM                    | SC | Flourspur | Temp. C                    | Weight of blowing SC vol. of O <sub>2</sub> |
| ①         | O <sub>2</sub> blowing          | ②                     | ②  |           |                            | ②   |
|           | O <sub>2</sub> blow off Tap     | ②                     | ②  | ②         | ①                          | ①   |
| ②         | Charging O <sub>2</sub> blowing | ③                     | ③  |           |                            | ③   |
|           | O <sub>2</sub> blow off Tap     | ③                     | ③  | ③         | ②                          | ②   |
| ③         | Charging O <sub>2</sub> blowing | ④                     | ④  |           |                            | ④   |
|           | O <sub>2</sub> blow off Tap     | ④                     | ④  | ④         | ③                          | ③   |

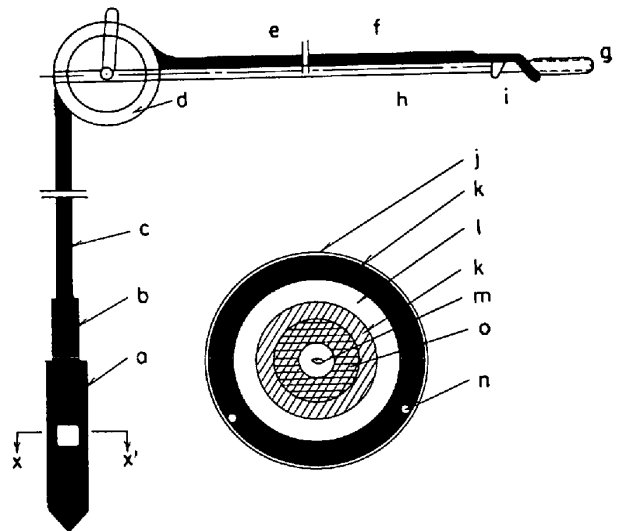


Fig. 1-1. Side view of sampling system.  
 Fig. 1-2. XX' sectional view of sampling cup.

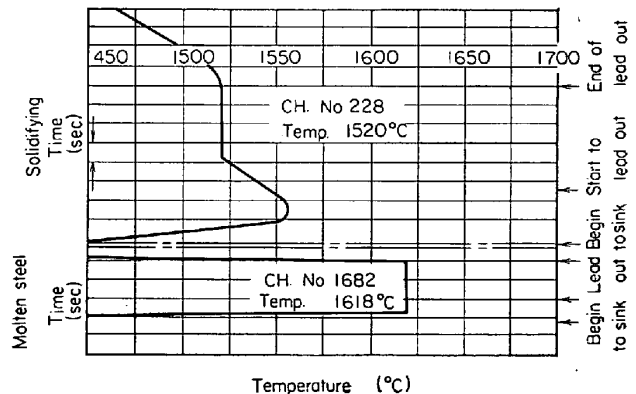


Fig. 2. Typical temperature curves of solidifying and molten steel in L.D. Furnace.

(2) 炉内々部に入る検出部は熱絶縁に留意し, 最外部は消耗しても検出部は消耗しない.

(3) 炉内溶鋼中の検出部位置は正確に決定し, また検出部には付属カバーを取付け鋼滓付着または衝撃などを防止し, しかも迅速応答式になつている.

3.2 測定設備と測定法

(1) Fig. 1 の測温設備の検出部を吹止 3~5 min 前に炉内の特定位置に投入し, 数秒以内に測定完了する.

(2) Fig. 2 に測定記録例を示す.

3.3 予測計算制御結果

Fig. 3 に終点温度に対する予測計算制御結果を示す. これから本方式により予測計算し, 吹止目標温度±7deg C 以下に維持できることが判明した.

4. 吹錬途中炉内溶鋼分析法による吹止C 予測制御

4.1 吹錬途中サンプリング法の特徴

(1) 当工場が開発したサンプリング法は投込み, 吊

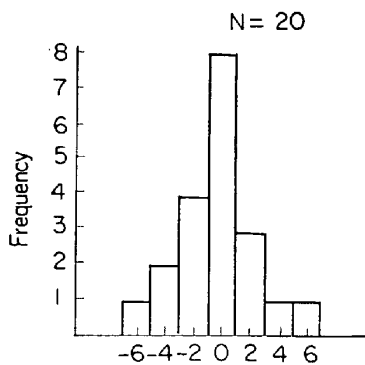


Fig. 3. Calculated temp. end pt. temp.

上げ方式を採用しているため設備の消耗防止のため、溶鋼中のサンプリング時間は数秒以内にしている。

(2) サンプリング時間が極めて短いため、溶鋼が下から流入する下注法、上から流入する上注法について内径高さ、真空度、材質についてテストしたが、いずれも採取量の不足、不安定、空隙や気泡が混入し十分な試料が得られなかった。

当工場のサンプリングカップの特徴は特殊な形状、絞り付、材質の上注式カップでこれに Al を包含するものである。

(3) 短時間投込み吊上げのため断熱に留意している。

#### 4.2 吹錬途中分析法の特徴

(1) サンプリング試料中に熱電対を挿入して凝固温度を測定し、サンプリング時の C を推定し、コンピューターにより吹止 C の目標値到達時機を予測計算し、吹止める。

(2) 凝固温度はサンプリング後炉外でも測定できるが試料重量、冷却、手数などのため炉内にてカップ内温度を測定している。

(3) 測定設備、測定法はサンプリングカップの他は測温法と同様である。測定記録例を Fig. 2 に示す。

#### 4.3 予測計算制御結果

Fig. 4 に終点 C に対する予測計算結果を示している。これから本法により吹止 C 目標値  $\pm 0.01\%$  に維持できることが判明した。

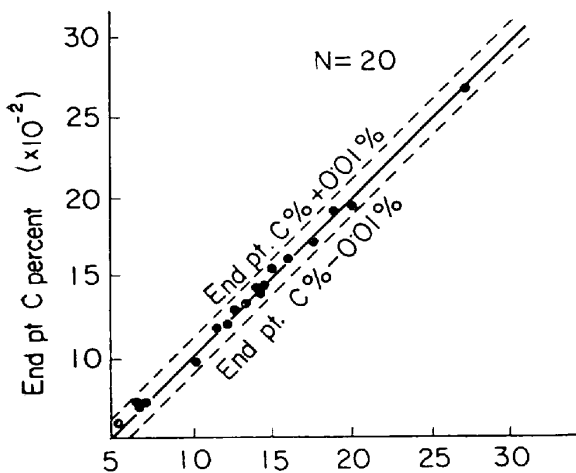


Fig. 4. Calculated C per cent ( $\times 10^{-2}$ )

#### 5. 測定経費

本法は全て自家製のため、材料費のみを計上すると 1 回測温費 300 円、分析費 350 円両者同時測定の場合 500 円かかる。

#### 6. 結 言

本報告はまだデータ数少なく改善余地もあるが、  
 (1) 転炉吹止温度、C 制御に途中測温分析は有効で  
 (2) 終点温度:  $\pm 7\text{deg C}$ , C:  $\pm 0.01\%$  に維持でき、  
 (3) 測定の 1 回当たり材料費測温 300 円、分析 350 円  
 (4) でコンピューターが必要であり、  
 (5) 測温精度について特別の配慮が必要なおこと  
 が判明した。

#### 文 献

- 1) 青山, 林: 鉄と鋼, 50 (1964) 9, p. 1744
- 2) 板岡, 斎藤, 他: 鉄と鋼, 49 (1963) 9, p. 1371  
桂, 五十部, 板岡: J. of Metals April (1964), p. 340
- 3) 野坂, 田中: 計測と制御, 48 (1962) 7, p. 505
- 4) 青山, 林, 他: 鉄と鋼, 50 (1964) 9, p. 1723
- 5) 永岡, 白井, 八反田: 鉄と鋼, 52 (1966) 9, p. 1493

### 4 t 型実用鋼塊における凝固時の冷却速度とデンドライト・アームの間隔との関係について\*

神戸製鋼所, 中央研究所

鈴木 章・鈴木 武・長岡 豊・岩田至弘

神戸製鋼所, 神戸工場 高橋 正市

On the Relationship between the Cooling Rate during Solidification and Dendrite Arm Spacing of a 4ton Commercial Ingot

Akira SUZUKI, Takeshi SUZUKI

Yutaka NAGAOKA, Yoshihiro IWATA

and Masaichi TAKAHASHI

#### 1. 緒 言

現在、合金の凝固条件を定量的に表現する方法として樹枝状晶の枝と枝との間隔、すなわち、dendrite arm spacing が用いられている。その dendrite arm spacing  $L$  と凝固温度範囲の平均冷却速度、 $R$  との間に、 $A, B$  を定数とすると、 $L=AR^B$  という関係式が成立つことは実用鋼の場合にも認められており<sup>1)2)</sup>、われわれもまた、いくつかの実用鋼において 100 kg 溶鋼を一端冷却させた小規模実験によつて、定数  $A, B$  を求めてみた<sup>3)</sup>。  $A, B$  は組成によつてきまる一定の定数であるといわれているが<sup>4)</sup>、小規模実験とは凝固条件が相当ことなっており、また凝固組織がかなり複雑であると考えられる実際の鋼塊の場合にも、100 kg 一端冷却で得られたのと同じ関係式が成立つかどうかを調べることを 1 つの目的として、換言すれば、小規模実験で得られた結果を用いて、ただちに実用鋼塊の凝固条件を推定できるかどうかを知

\* 第73回講演大会にて発表 講演番号 100 昭和42年5月18日受付