

技 術 報 告

転炉炉内溶鋼温度，炭素量測定による終点温度， 炭素量の予測制御について*

林 正 照**・立 花 勲**

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

Masateru HAYASHI and Tsuyoshi TACHIBAMA

Synopsis:

In order to improve the quality and to increase the production of steel ingot, it is essential to achieve the most accurate and the speediest control of end point temperature and C in L. D. converter. For this purpose homemade dropping thermocouple and carbon detector were tested 20 times at Amagasaki 30 t L. D. Furnace of Kobe Steel, and the results obtained were as follows:

- (1) Using the computer and dropping the temperature and C detector into the molten bath at 3 to 5 min before blow off, the deviation from aimed end point values can be restricted within $\pm 10^{\circ}\text{C}$ and $\pm 0.01\%$ C.
- (2) Measuring the bath and its freeing temperature within 15 sec, bath carbon can be presumed for very short time.
- (3) The measuring accuracy is mainly decided by the blow hole and aluminum killing method in the sample, measuring time and position in the L. D. furnace and measuring technique of temperatures.
- (4) Detector can be used repeatedly, so the actual cost of consumption can be minimized.
- (5) Samples obtained in the detector can be used for analysis.

(Received 4 Oct. 1967)

1. 緒 言

純酸素転炉の吹錬終点温度，C制御は鋼質の最適化と生産能率の向上に寄与する基本要素である。神戸製鋼尼崎 30 t 転炉において酸素吹錬途中，吹止 3～5 min 前転炉々内溶鋼中に自家製の測温装置を投入して吹止温度は目標値の $\pm 7^{\circ}\text{C}$ ，これとは別チャージにおいて吹止 C は目標値の $\pm 0.01\%$ に予測制御しうることを前報に報告したり。

しかし前報では測温と C 測定とが別々で同時測定はやや困難であつた。そこで今回は同一鋼番内の炉内溶鋼中に自家製改良型測定器を投入して測温と C 測定を同時に行ない所期の予測精度を得た。

2. 測 定 方 法*

2.1 測定，予測制御の原理

吹錬途中の転炉炉内溶鋼中に特殊サンプリングをかねたカップ付消耗型熱電対を投入し，次の 3 項目を電算機の入力とする。

- 1) 吹錬開始後投入完了までの経過時間
- 2) サンプリング，カップの熱影響を受けない適正位置に固定した消耗型熱電対により測定した炉内溶鋼温度
- 3) 次いでカップ内に熱電対位置を移動して測定した，サンプリング，カップ内溶鋼の凝固温度

電算機ではあらかじめ操業実績より求めた製鋼条件別の数式モデルの係数を現鋼番の条件により選定し，上記 3 項目を変数として目標温度，C に近似するための最適吹止め時機，および要すれば操業条件の修正値を設定す

* 昭和 42 年 10 月本会講演大会にて発表

昭和 42 年 10 月 4 日受付

** (株)神戸製鋼所尼崎工場

* 特許出願中

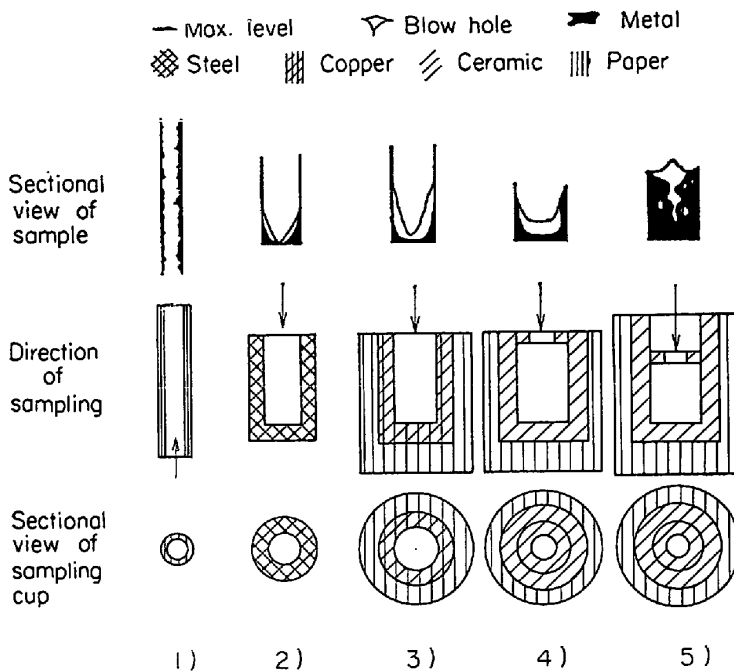


Fig. 1. Type of sampling cup and state of filling up.

る。

2.2 測定法の特徴

2.2.1 サンプルング法

サンプルング、カップの溶損、消耗防止のため、高温炉内からのサンプルングは数 sec 以内に完了する必要がある。かつ、サンプルの気泡をなくさなくてはならない。

サンプルの良否を示すサンプルの充填率とカップの形状との関係は Fig. 1 に示すとおりである。

- 1) 減圧石英管、または脱気銅管、銅管の下方より溶鋼を吸引しても、減圧、脱気を継続しない場合、気泡の混在が多く
- 2) 下端を封じ、鋼製カップ上方より溶鋼を注入しても短時間のため溶鋼は沸騰して飛散し
- 3) 周囲を断熱して冷却効率を高めた銅製容器上方より、溶鋼を注入しても残留率はやや増加する程度で
- 4) 周囲を断熱し、最上部に絞りをつけたセラミック、カップ上方より溶鋼を導入すると残留率は半ばに達し
- 5) 周囲を断熱し、高さ方向の適正位置に絞りを取り付けたセラミック、カップの上方より溶鋼を導入すると絞りまでの残留率は 100% に達する。ただし充填率はまだ不十分で、中心部に気泡が残るため、Al 脱酸が必要である。

2.2.2 C 直接測定法

サンプルング、カップ内に熱電対を移動して凝固温度を測定する際、熱電対保護用石英管は周囲に気泡を吸引

する傾向があり、気泡混入防止に努めなくてはならない。

絞り孔は寸法最少限界、最適面積比があり、単孔よりも多孔のほうが残留気泡は少ない。

下部熱電対式は測温に兼用しがたいため、カップに対して上部熱電対方式を採用している。

カップの絞り上方の特定位置より熱電対を特定時機に押下げる方法として次の 3 種類を検討した。

- 1) 純機械的にスプリング、ストッパーを取りはずす
- 2) 鋼線、銅線、Al 線をストッパーとして溶鋼中で熔融させる
- 3) ストッパーを引張つている線を電熱により融断する

その結果

1) は紙管を用いているため途中の摩擦が大きく見送り、2) は各種寸法を選定したが成功率 60% 以下であつた。3) の成功率はほとんど 100% でこれを採用し 1)、2) は中止した。

熱電対保護の紙管は溶鋼を飛散させることと、また絞り上に密着させると気泡を封入するので注意が必要である。

Fig. 2 に装置の概要を示す。耐火性絞りの付いたサンプルング、カップの上方に Baker 製 0.20 mm ϕ PR 13 熱電対を管径 2.0 mm 内径 0.7 mm U 字型石英管に収納し、これをスプリング、ストッパーにて固定し、指定

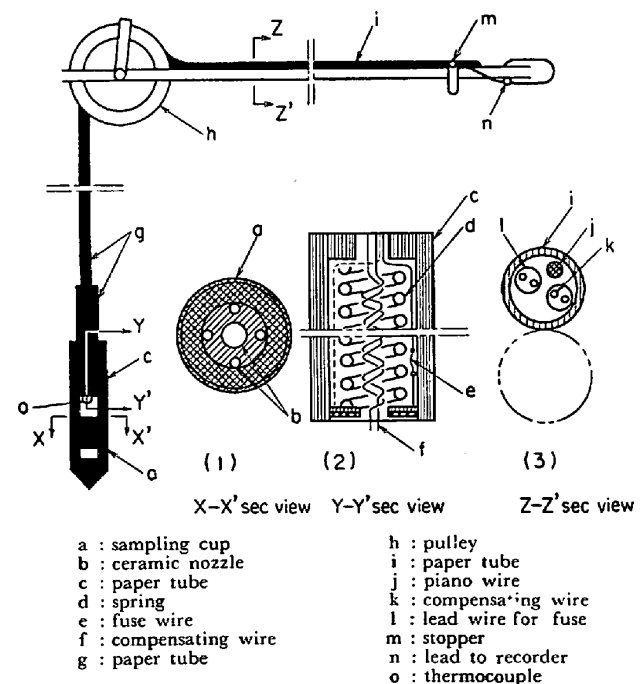


Fig. 2. Sampling system.

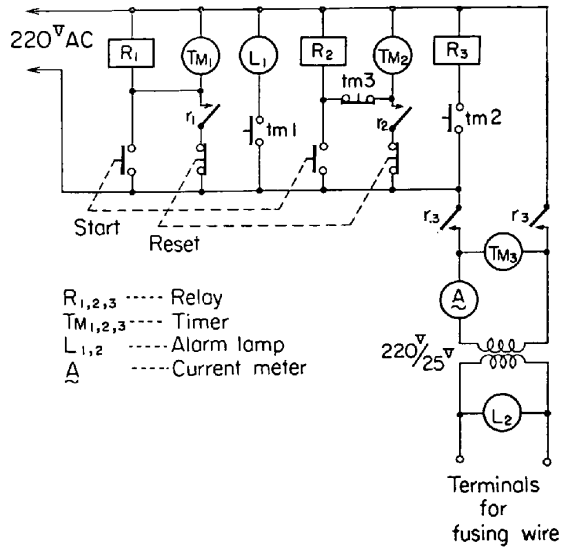


Fig. 3. Switching circuit.

時機にストッパー固定用フューズを融断してスプリングの力により熱電対をカップ内に圧下する。

Fig. 3 に熱電対圧下用フューズ融断回路を示す。タイマー M₁ により、通電開始後溶鋼测温終了時機をランプ L₁ により表示し、タイマー T M₂ によりフューズ融断のため回路を閉じ、これをランプ L₂ に表示し、タイマー T M₃ により指定時間後安全のため通電を停止する。タイマー T M₁, T M₂ は約 2 sec, T M₃ は約 3 sec である。

回路電圧は 25 V で誘導の影響は全く表われていない。

2.2.3 测温法

サンプルング、カップの材質と熱容量は测温に影響するので、熱電対位置を適正距離引き離す必要がある。距離が小さくなると溶鋼の流路変動などのためバラツキが次第に急増する。装置はフューズ融断前の Fig. 2 に示すとおりである。

2.3 使用計器

使用記録計は山武ハネウエル製電子管計器 N153 型、全目盛 (1400~1650°C) 1 目盛 (2.5°C) ペン速度 3.5 sec, 記録速度 10 mm/sec を用いた。

3. 測定結果

3.1 測定記録

測定記録の 1 例は Fig. 4 に示すとおりで、炉内溶鋼温度よりの吹止予測温度は実測値より 2°C 高く、また、溶鋼凝固温度よりの吹止予測 C 値は実測値に合致していた。

3.2 予測値と実測値の比較

吹止温度、C の予測値と実測値とを比較すると Fig. 5, Fig. 6 のとおりで、これから予測精度は吹止温度

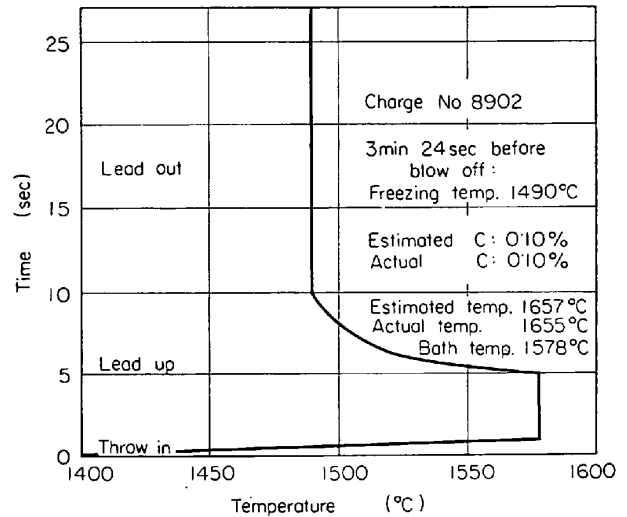


Fig. 4. Measuring the bath temperature and carbon.

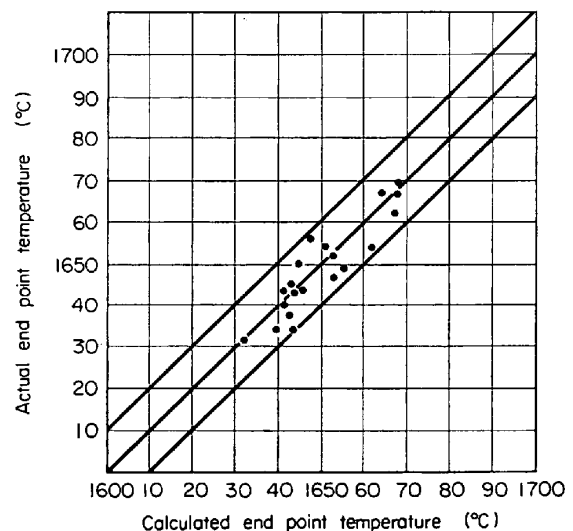


Fig. 5. Relation between measured temperature and calculated temperature at end point.

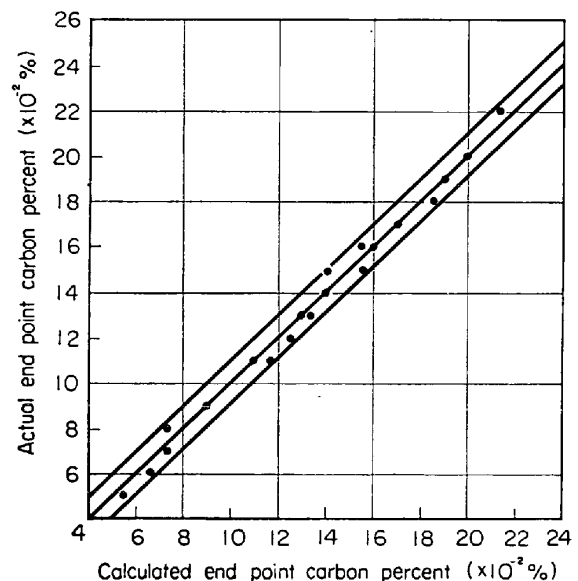


Fig. 6. Relation between measured carbon and calculated carbon at end point.

$\pm 10^{\circ}\text{C}$, 吹止 $\text{C} \pm 0.01\%$ であることが判明した。前報より吹止温度のバラツキが大きいのは圧下方式を取っているためと考えられる。

4. 測 定 費

熱電対押下げ方式をとっているため、スプリング、フューズなど単独測定方式より測定費はやや増加しているが、消耗費のみに限定すると自家製のため約 350円/回である。

5. 結 言

熱電対押下げ式、サンプリング、カップ付消耗型熱電対により、炉内溶鋼の测温、C 測定試験 ($N=20$) の結果、次のことが判明した。

(1) 転炉吹止 3~5 min 前に炉内溶鋼の测温分析を実施すれば吹止温度 $\pm 10^{\circ}\text{C}$, 吹止 $\text{C} \pm 0.01\%$ の予測精度が得られる。

(2) 溶鋼温度と凝固温度を 15sec 以内の短時間に測定でき、特に C については従来の分析時間 3 min よりもきわめて短時間測定が可能である。

(3) 測定精度は主として気泡、測定位置、部位、時機、测温精度、Al 脱酸などによつて定まる。

(4) 測定器は投入後引上げ、再使用可能部が多く、自社製のため消耗費は約 350円/回である。

(5) またカップ内試料は分析にも用いる。

本報では制御の段階には未踏到あるが、今後とも検討の予定である。

文 献

- 1) 藤井, 林: 鉄と鋼, **53** (1967) 5, p. 37
(第 73 回鉄鋼協会講演集)
(第 36 回製鋼部会資料)
(第 89 回学振製鋼第 19 委第 2 分科
会資料)