

Fig. 3. Behaviors of components of bath and slag during oxygen blowing.

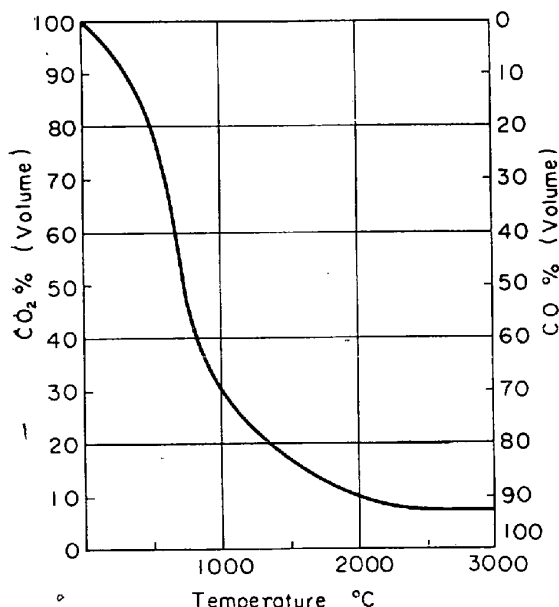


Fig. 4. Content of CO₂, CO in reaction $Fe + CO_2 = FeO + CO$ ($a_{Fe} = a_{FeO} = 1$).

の範囲では脱炭速度が低下してもこの状態は変わらない。この理由については CO と CO₂ の相互関係を支配する条件の安定などが考えられるがまだ明かではない。

以上のごとく炉口ガスの温度、CO%, CO₂% の変化は炉内反応状況推定の間接的なメジャーとなり得るが、今回の検討では脱炭反応に対し直接的にむすびつけることができなかつた。

5. 結 言

転炉の自動化をすすめるにあたり炉口ガスについて検討した。サンプリング、分析方法について試験し、吹錬中炉口より連続測定することができた。炉口ガスの CO, CO₂% の変化および温度は炉内反応状況と関係があるようであるが、詳細については研究の余地がある。従つて現在の転炉製鋼において、これによりただちに、操業精度を向上させることはなお検討の必要があろう。しかし種々の情報量と組合わせ吹錬パターンを考える物理量としては有効であろうと思われる。

今後、他の物理量との相互関係、製鋼反応の冶金的基礎との関係について検討をすすめてゆきたいと考えている。

(124) 転炉吹錬中の溶鋼温度の連続測定について

(転炉計測に関する研究—I)

日本鋼管、技術研究所

○永岡典義・白井源一・八反田敏美

Continuous Temperature Measurement of Molten Steel in LD Converter during Blow.

(Study on the instrumentation of LD converter—I)

Noriyoshi NAGAOKA, Gen-ichi USUI and Toshimi HATTANDA.

1. 結 言

転炉製鋼で吹錬中の鋼浴温度を知ることの重要性は一般に認められており、このため投込式熱電対、炉壁埋込式熱電対によつて試みられているが、技術的な難点またはコストの問題があつていずれも吹錬作業に取り入れるまでに至つてない。また鋼浴面からの輻射線を手がかりにして測定しようとする方法も種々行なわれている¹⁾²⁾。しかし上吹き転炉になつてからは鋼浴面からの輻射線を直射検出することの困難さに加えて一般に輻射温度計の精度に対する信頼度が熱電対より低いこともあつて、実用規模の転炉で成功した報告はない。本報では原理的に輻射率の影響が少ないと考えられる 2 色光高温計を用い、12 t/ch の試験転炉に設置した測温用ランスを使つて吹錬中の鋼浴温度を連続的に測温した結果について述べる。

2. 測定方法

Fig. 1 に測温ランス頂部の 2 色光高温計の取付方法を示す。ここに取り付けたのは光学系の検出器で、増巾器、指示計、記録計および安定電源部は別に設置されている。先端のノズルから入つてきた輻射線はランス頂部の耐圧ガラス窓を通過して反射鏡で水平方向にまげられて検出器に入る。光軸の調整は反射鏡の廻転、検出器の上下移動と水平面内の廻転によつて行なわれる。検出器はランスに固定した台の上に据えられており、吹錬中のランスの動揺によつて光軸がずれないようになつている。内管に空気を通しノズルから出しているが、これは検出器に入る輻射線の光路内にダストその他の障害物が入らないようにするためである。なお、このときのランスの長さ

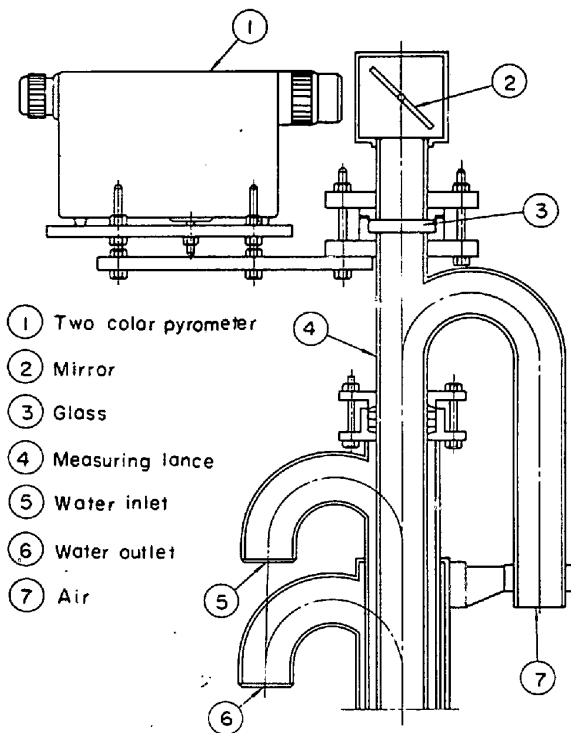


Fig. 1. Sectional view of mounting a two color pyrometer on a measuring lance.

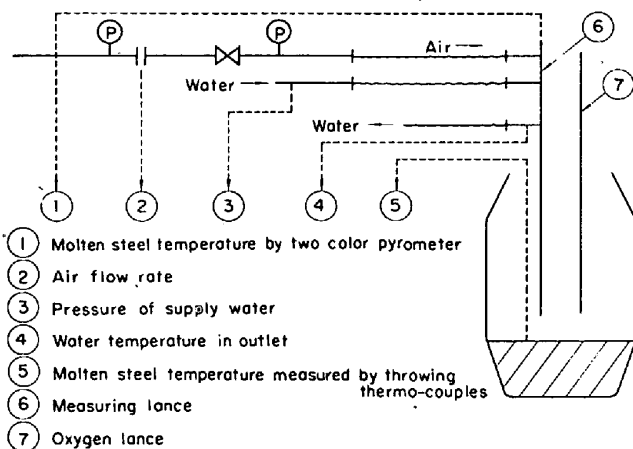


Fig. 2. Layout of experiment.

はノズル先端から反射鏡までで約 10m, ノズル径は 26 mm である。

測温用ランス関係の計装図を Fig. 2 に示す。冷却水の給水圧力、排水温度は試験中のランスの異常をただちに検出するためである。パージ用空気配管に取り付けた流量計、圧力計によって適当なパージ圧力を保持することができる。また、検出器の指示値と比較するため投込式熱電対を用いた。投込みは石灰などの装入口から行なっている。

試験中の操業条件は酸素ランス高さ 700 mm, 酸素圧力 5.5 kg/cm^2 , 鋼種は SS 41 で酸素ランスはシングルノズルを使用している。約 20 回の試験チャージを通じて操業条件は大体一定しているが、操業の都合で一部は別鋼種やマルチノズルの場合もあった。

3. 実験結果および考察

3.1 入射光量について

NEC の 2 色光高温計を使用した。この仕様によると本器が作動する最小入射光量はタングステン標準電球で 1550°C のとき視角でいつて 0.307 度以上となっており、この感度を測温用ランスで考えると鋼浴温度が 1770°C 以上でないとは作動しないことになる。しかし、実験的に光源としてタンマン炉の溶鋼を用い、測温用ランスの代わりに実物大の鋼管を光路として視角を同じにして測定したところ 1520°C 以上で本器が作動することを確認した。このくい違いはランス内面での反射光が大きく寄与しているものと考えられる。したがって検出器の感度が同じであっても、ランス径、ノズル径、ランス長さおよび内面性状によつて測定可能な最底鋼浴温度は変ってくるであろう。いずれにしても転炉吹錬の終点付近での温度に対しては十分感度があるので、当初この計器を使い、後に感度を上げるための改造を行なつた。改造は電子回路部分、光学部分について行なつた結果、感度は改造前にくらべて 13 倍以上になつた。またこれとほぼ同じ時期に測温用ランスの改造を行ない、光軸の調整が容易にできるようにした。

3.2 ランス高さについて

空気パージとも関係するが、測温用ランスの高さが高い場合には鋼浴面とノズルの間にダスト、フレームの巻込みが多く指示値の変動が大きくなり、鋼浴温度を示さない。したがって低いほうが望ましいわけであるが、ノズルの溶損、あるいはスラグまたは溶鋼によるノズルの閉塞の機会が多くなってくる。こうしたことを考慮して高さを変えて測定した結果、ランス高さとして適当な値を 300 mm とした。これは溶銑装入時の浴面からノズル先端までの距離である。

3.3 空気パージについて

パージ用空気は圧力 7 kg/cm^2 の本管から直接試験転炉まで配管し測定中の圧力の変動をさけている。空気パージはスラグを完全に排除し、しかも鋼浴温度に影響を与えないようにすることが望ましいが、さしあたり安定した指示値を得ることを目標とした。Fig. 3 にパージ圧力を変えて測定したときのチャートを、Table 1 にこのときの条件を示す。パージ圧力の指示値の変動に対する影響は Fig. 3 から明らかである。Fig. 3 の (3), (4) では吹錬の途中でパージ圧力を変えているが、これは吹錬初期から中期にかけて反応のさかんなときはノズルにスラグがつかまることをおそれたためである。ランス高さ 300 mm, 空気流量 $100 \rightarrow 50 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ を標準と考えているが、この条件ではノズルがつかまつたことはなく、またノズルの溶損の程度も酸素ランスと同程度である。

空気流量 200, 100, $50 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ に対応した動圧をノズル先端から 300 mm の中心位置で測定した結果、それぞれ $0.041, 0.029, 0.018 \text{ kg/cm}^2$ であつた。鋼浴表面のスラグ層の厚さ、密度は吹錬中大巾に変化するが、この程度の動圧ではスラグを完全に排除するのに十分とはいえない。しかし、指示値の安定を得ることが先決で特にスラグの排除にこだわる必要はない。空気パージの鋼浴温度に対する影響は、低温の空気との接触による冷却、酸化反応による温度上昇が考えられるが、後に示す

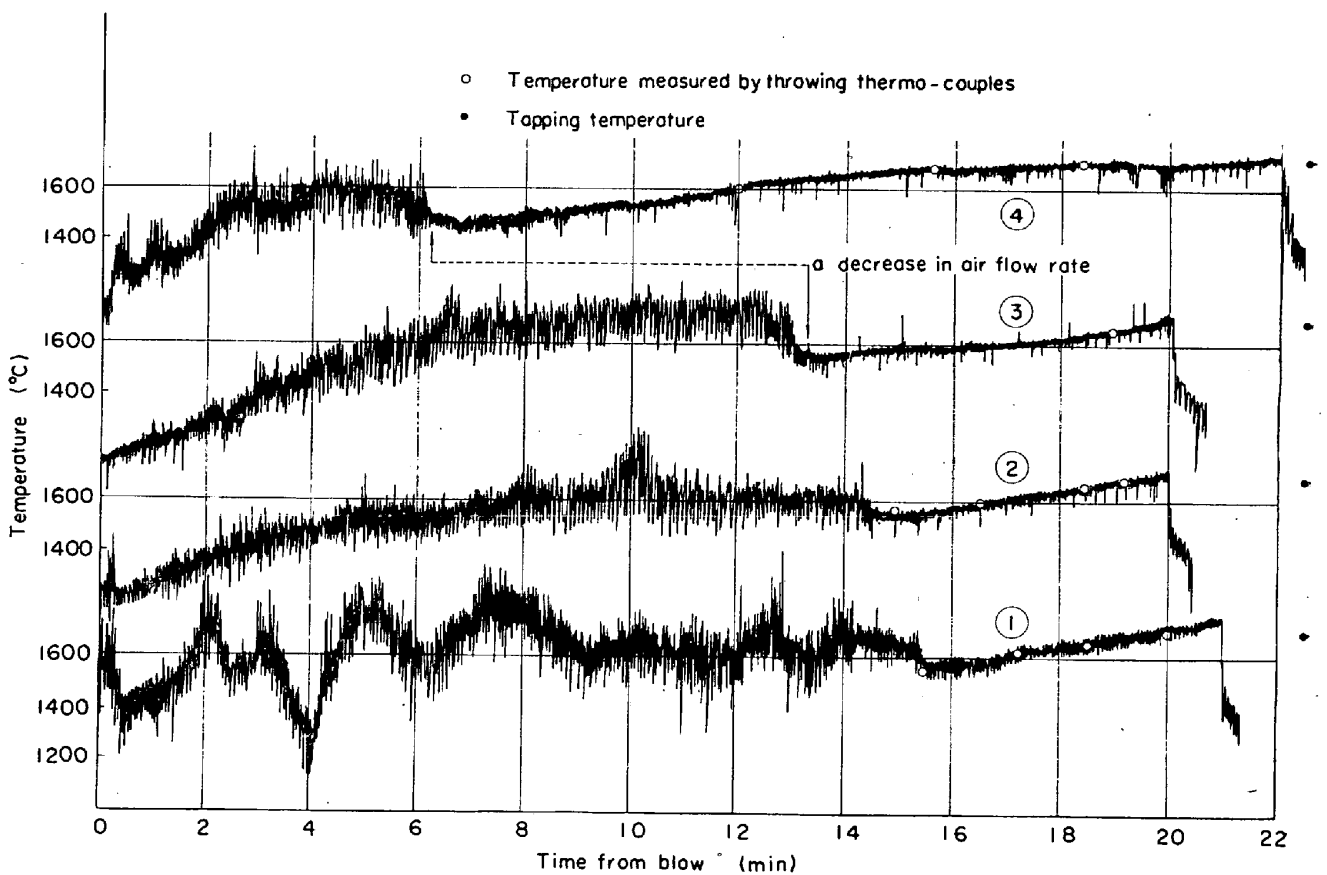


Fig. 3. Temperature evolution of two color pyrometer during blow.

Table 1. Experimental condition and results.

	Steel	Blowing time (min)	Height of measuring lance (mm)	Air flow rate (Nm ³ /hr)	Temp. of two color pyrometer (°C)	Tapping Temp. (°C)
1	SS 41	21	300	200	1750	1700
2	SS 41	20	300	100	1720	1690
3	SS 41	20	300	100→50	1720	1695
4	SS 41	22	150	100→40	1740	1720

ように投込式熱電対の測定値との一致がよいことから、これらの総合した効果は検出器の指示値に大きな影響は与えないと考えられる。

なお、空気パージによる操業上、材質上の支障は認められない。

3.4 測定精度および安定測定時間

使用した検出器の精度は 0.5% で、1600°C の鋼浴温度に対して ±8°C の誤差は計器のほうから入ってくる。Fig. 3 の (3) を標準パターンと考えており、これについて検討してみると倒炉後の熱電対による測定値と比較すると約 20~30°C 高くなっている。これは検出器が鋼浴表面温度を測定していること、それもスラグが十分排除されていないことが考えられるが、吹錬中の投込式熱電対の測定値とは約 10~15°C の誤差でよく一致している。このことは吹錬終了直前の温度についてもいえることである。したがって、倒炉後の熱電対の温度指示値との一致がよくない理由として、吹錬中の鋼浴表面温度は鋼浴の平均温度より若干高いことも考えられる。

Fig. 3 のチャートに見られるとおり、吹錬開始後、途

中まで指示値が不安定でその後多少の変動はあるが安定してくる。Fig. 3 の (3), (4) では空気パージ圧力を下げたときに指示値が安定しているが、必ずしも常にこうなるとは限らない。安定時間は検出器および測温用ランスの改造前は 2~3 min であつたのが、改造後は 7~8 min 程度になつた。この程度になれば終点温度制御の可能性が非常に強くなってくる。

4. 結 言

12 t/ch の試験転炉に設置した測温用ランスによつて 2 色光高温計を使った吹錬中の連続測温が非常に有望であることを報告した。これを実操業に取り入れ、終点温度制御のための指針とすることを目標にしているが、このためさらに実操業の転炉で多くの試験を重ねていく予定である。

文 献

- 1) P. LEROY: J. Metals, 8 (1956)6, p. 764
- 2) N. YAMAMOTO et al.: J. Metals, 17 (1965) 7, p. 718