

を示した。

スロッピングの発生と鋼滓酸化度との関係については、鉄鉍石添加量が多いときは、吹錬中鋼滓 T. Fe 含有量は、高いレベルで推移する。また吹錬中に鉄鉍石を添加すると、一時的に鋼滓 T. Fe 含有量が高くなる。この結果鋼浴-鋼滓間の酸化度に非平衡状態を生じ、スロッピングが発生しやすくなると考えられる。スロッピングの発生の化学的原因として、H. RELLERMEYER u. T. KOOTZ⁵⁾ は鋼浴-鋼滓間の酸化度の一時的な非平衡状態が、何らかの原因によつて急激な CO 反応を伴つて解消するときに起こると指摘しているのと関連していると考えられる。

5. 結 言

転炉のスロッピングの発生と石灰、鉄鉍石の添加、溶銑 Si, P 含有量との関係はつぎのとおりである。

1) 吹錬前期～中期の発生するスロッピングは、鋼滓塩基度が低い場合に発生しやすい。その発生条件はつぎのとおり。

i) 石灰添加量が少ない, ii) 溶銑 Si 含有量が高い, iii) Si 吹き終了時まで、石灰添加量が標準添加量の約 2/3 量以下の石灰分割投入。

2) 吹錬中期～後期に発生するスロッピングは、鋼滓酸化度が高い場合あるいは鋼滓中 P_2O_5 が高いと考えられる場合に発生しやすい。その発生条件はつぎのとおり。

i) 鉄鉍石添加量が多い, ii) 鉄鉍石添加時期がおそい, iii) 石灰添加量少なく、溶銑 Si 含有量が低く、鋼滓量が極端に少ない。

3) 転炉のスロッピングを防止する造滓材添加方法として、

i) Si 吹き終了時まで極力石灰の滓化を促進の、鋼滓塩基度を上昇させる。

ii) 溶銑 Si, P 含有量に応じて石灰添加量を適切に選択し、鋼滓量確保のため、珪砂添加も考慮する。

iii) 石灰分割添加は、Si 吹き終了時まで標準量の約 2/3 量以上を添加する。

iv) 鉄鉍石分割添加は、添加完了時期がおくれないようにする。

のがよいと考えられる。

文 献

- 1) 田上, 赤松, 池田, 山崎: 鉄と鋼, 52 (1966) 3, p. 350
- 2) P. KOZAKEVITCH: Rev. Met., 46 (1949), p. 572
- 3) C. F. COOPER & J. A. KITCHENER: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 193 (1959), p. 48
- 4) T. B. KING: J. Soc. Glass Techn., 35 (1951), p. 241
- 5) H. RELLERMEYER u. T. KOOTZ: Stahl u. Eisen, 74 (1954), p. 381

669.184, 244.66: 669.162, 275.1 (52) 転炉操業におよぼす溶銑配合の影響について

日本鋼管, 川崎製鉄所

長 昭二・門間 玄悟
前田 宏・○木村 成人

On the Influences of Hot Metal Ratio in the LD Process.

Shōji CHŌ, Gengō MONMA,
Hiroshi MAEDA and Narito KIMURA.

1. 結 言

LD 転炉操業におよぼす溶銑配合率の影響は大きく、工場の操業条件に適した配合率を選ぶことは極めて大切なことである。

当所においては、炉容が比較的小型(鉄皮内容積: 100 m³)であること、高炭材出鋼比率が高いこと、下注造塊法を採用していることなどの特殊条件があるため、平均溶銑配合率は 85% と高い値を示している。

最近、高炉の定期修理による溶銑不足、および粗鋼減産による溶銑過剰等の影響により溶銑配合率を従来の基準配合率(85%)の上下それぞれ 75%~100% と大巾に変化させた操業を実施したので、この間の経緯について簡単に報告する。

2. 操 業 方 法

2.1 低溶銑配合

溶銑需給の問題を考慮した上で、Heat Balance 上、最も余裕のある低炭リムド鋼の溶銑配合率を 75% とし、さらに材質上、吹錬上の悪影響をできるだけ少なくする意味で冷銑 10% を加えて、全銑配合率を 85% と従来の溶銑配合率と同一にした。

すなわち、銑バランスを一定とし、熱バランスは冷却剤の減更に必要なときは、Fe-Si の添加により調節することにした。

副原料使用量は、全銑配合量が規程操業と同一であるので同一量を原則とした。

冷銑は屑鉄と同時に装入したが、装入クレーン、装入シュートの能力上 2 シュート装入とした。

2.2 高溶銑配合

当工場における溶銑クレーンおよび溶銑鍋の能力は 48 t (溶銑配合率 89%) であり、溶銑の 2 杯どりは作業的に好ましくないので、鋼塊一本分に相当する 7 t/ch の装入減として 47 t/ch 装入とした。

また、従来の経験より高溶銑配合時には吹錬状況が不安定になることが判つているので、適用鋼種は影響の少ないと思われる低炭リムド材を選んだ。

なお、溶銑配合増による過剰熱量の補正は、鉄鉍石を初装入し、熱的に溶銑配合率 85% の基準配合に等しいようにした。

イ) 溶銑配合は Table 1 に示すごとく、90%、95%、100% の 3 水準をとり適宜操業を行なつた。

ロ) 溶銑配合増による過剰熱量の補正は、Table 1 に示すごとく鉄鉍石を初装入し、溶銑基準配合の熱バランスに等しい状態として、吹錬を開始した。

ハ) 焼石灰配合量は溶銑絶対量を現規準と比較し、Table 1 に示すごとく定めた。

Table 1. Operational condition.

	Low H. M.	Normal	High H. M.		
			90%	95%	100%
Hot metal ratio	75%	85%	90%	95%	100%
Hot metal (t/ch)	40.1 t	45.5 t	42.0 t	44.5 t	47.0 t
Cold pig iron	5.4 t	0	0	0	0
Scrap	8.5 t	8.5 t	5.0 t	2.5 t	0
Total (t/ch)	54.0 t	54.0 t	47.0 t	47.0 t	47.0 t
Fe ore (initial charge)	0	0	0.5 t	1.2 t	1.9 t
Burnt lime	Standard	Standard	Standard -100K	Standard	Standard +100K
Other fluxes	100%	100%	87%	87%	87%

ニ) 螢石, スケール等の配合量は装入比とし, 規準操業の 87% の配合量とした。

3. 操業結果および考察

3.1 Heat Balance について

各装入物の増減による heat balance については, 炉からの放散熱, 冷却水の持ち去る熱量等は一定と考えてよいから装入物の顕熱および潜熱を比較して係数を求めればよい。今回の操業に当って使用係数は下記のごとくである。

$$84W_P - 74W_{CP} - 204W_C - 954W_O = 0$$

ただし W_P : 溶銑, W_{CP} : 冷銑, W_C : 屑鉄, W_O : 鉄鉱石。

3.1.1 低溶銑配合

上述の式に従い, 低溶銑配合時における冷銑の冷却効果の計算値と実績値の比較を Fig. 1 に示す。

この図より明らかなごとく, 実績値は計算値より偏位があり, 冷銑の冷却効果は理論値の約 88% を示し, 熱的には有利な方向にずれることが判る。

一般に冷銑を多量に使用した場合には Slopping により吹錬状況が不安定になる傾向があり, Fig. 1 にみられる数値のバラツキもこの事を示している。

また, このように操業が不安定になり噴出がみられる際には理論的にも経験的にも, 熱的に不利になり, 所定の温度まで上昇できないのが普通であるのに反して, 実績値は前述のごとく計算値より有利な方向にバイヤスとしてではなく, 係数としてずれていることは注目に値する。

3.1.2 高溶銑配合

同様な計算根拠に基づき, 同一鋼種における計算値と実績値との比較を Fig. 2 に示す。

この図より明らかなごとく, 若干, 少なめではあるが, よい一致を示しており, 操業的にも安定しているといえる。

3.2 酸素使用量

3.2.1 低溶銑配合

Fig. 3 に同一鋼種における低溶銑配合チャージと平常操業チャージの 1チャージ当りの酸素使用量を示す。

この図からも明らかなごとく, 両操業法間には酸素使用量に差があり, 平均的にみて, 冷銑配合チャージの方が $140\text{Nm}^3(3\text{Nm}^3/\text{t})$ 程度多く使用されている。

一般に酸素使用量は, 炉令, 副原料配合量, 溶銑成分, 溶銑温度, ランス高さ, 吹錬圧力, 等に影響されるが,

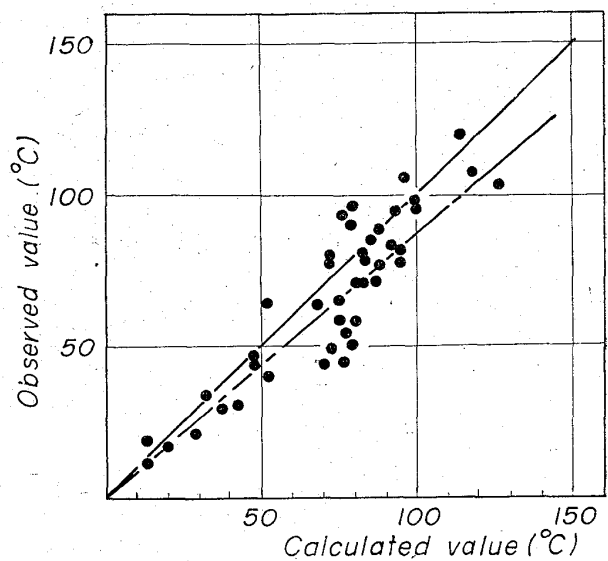


Fig. 1. The comparison between calculated and observed values in low hot metal ratio.

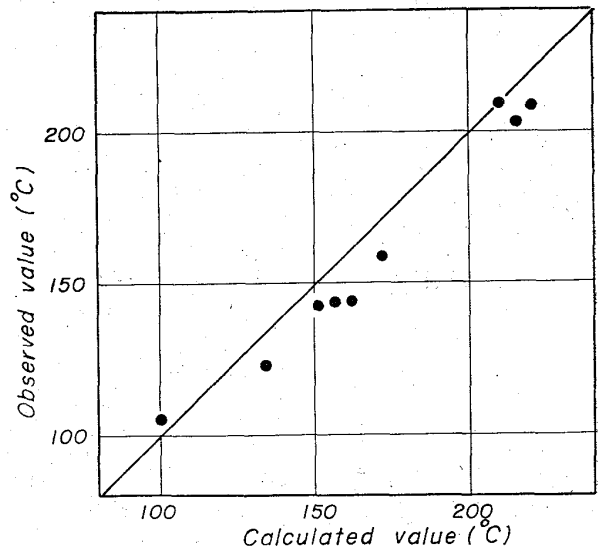


Fig. 2. The comparison between calculated and observed values in high hot metal ratio.

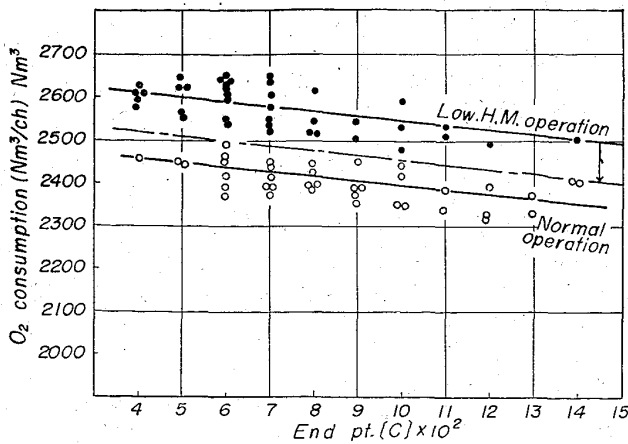


Fig. 3. The comparison of oxygen consumption between low H. M and normal operation.

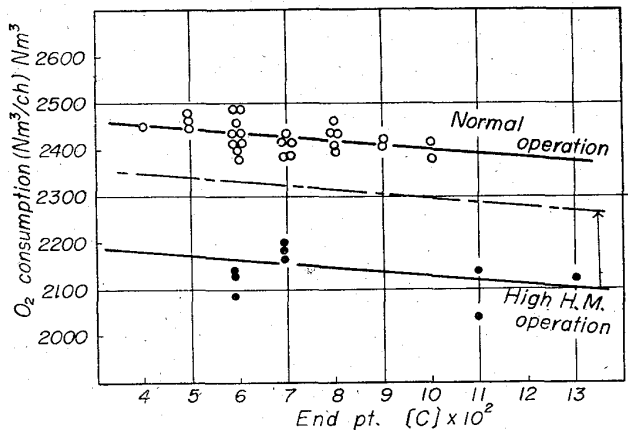


Fig. 4. The comparison of oxygen consumption between high H. M and normal operation.

比較は同一炉体，同一吹錬パターンで吹錬したチャージ間のものであり，さらに，前述のごとく，全銹配合量は同一である故，他のものの変動による誤差としては多すぎる値である。

酸素バランスを考えた場合，相違しているのは，鉄銹石量であり，これから供給される酸素量を加算して補正しても約 45 Nm³/ch (約 1 Nm³/t) 位の差が生じる。

これらの過剰酸素は鋼滓中の酸化鉄増，鋼滓の酸化，または CO，CO₂ への酸化に使用されると考えざるを得ない。鋼滓分析の結果は，かなりのバラツキはあつたが，平均的にみて，T. Fe の増加はみられない故，この過剰酸素は後者に使用されるとみてよいと思われる。

この際の燃焼熱が，Fig. 1 に示したごとき実績値と計算値のずれの原因であると考えられる。

今この 45 Nm³ の酸素が全て CO の燃焼に使用されたとすると，この時の生成熱は約 300,000 kcal となり，吹錬時間延長による熱損失を考えに入れても温度上昇が少ないようであるが，気相から鋼浴への熱の授受は輻射が主であることを考えれば当然ともいえる値である。

3.2.2 高溶銹配合

Fig. 4 に同一鋼種における，高溶銹配合チャージと平常操業チャージとの酸素使用量の比較を示す。

両操業法の鉄銹石使用量の差を酸素換算して補正線を図中に示しておく。この補正線と平常チャージとの差は装入量の相違に起因するものと思われる。

3.3 歩留

3.3.1 低溶銹配合

低溶銹配合チャージは平常操業チャージに比して明らかに，低くなつており，その程度は鉄銹石原単位減による歩留推定値よりも下つた値を示し，またバラツキの大きいことから吹錬状況が不安定であつたことを示している。

3.3.2 高溶銹配合

Heat balance 上，多量の鉄銹石の添加が必要である故，当然歩留増加が期待できるが，従来の経験では鉄銹石を多量に使用した場合は吹錬状況が不安定になり，予期したほどの歩留がみられてはなかつた。

しかし，今回の操業では 2) に述べた理由により，軽装入とした事もあつて噴出が少なく，明らかに歩留増がみられた。

3.4 能率，その他

低溶銹配合操業は，屑鉄および冷鉄の 2 シュート装入による装入時間延長の外れ，脱炭の遅れに起因する吹錬時間の延長があり，約 15% 程度の能率低下がある。

高溶銹配合操業は，鉄銹石からの酸素の供給が多い故，酸素使用量減，従つて，吹錬時間の短縮が期待できるが比率として溶銹配合量が増している故，結果的にはほとんど変わらない。

Fig. 4 に示した高溶銹配合チャージの実績線と平常チャージの実績線と装入比で比較すれば，ほぼ等しく，従つて出鋼 t 当りの酸素原単位は当然のことながら等しくなつている。

また，吹錬時間に関しても同様なことがいえ，出鋼比で考えれば同一になり，従つて製鋼時間当りの出鋼量は低下することになる。

4. ま と め

溶銹需給上の問題より，平常操業時の溶銹配合 85% に対して，75% 溶銹を主とする低溶銹操業および溶銹配合，90%，95%，100% の 3 水準からなる高溶銹配合操業を実施したが，炉令を適当に選べば大きな問題はなく，操業的には十分可能であることが判つた。

しかし，能率，歩留，原単位面では当然のことながら影響が種々あり列記すれば下記のごとくなる。

4.1 低溶銹配合チャージ

1) 全銹配合率は同一としたにもかかわらず，同一吹錬条件，同一鋼種においても酸素原単位は約 3 Nm³/t 増加する。

2) 炉材装入量増による装入時間延長の外に，上記酸素使用量による吹錬時間の延長があり，物質収支上は説明ができない能率低下がある。

3) 吹錬初期の熱容量が少ないため，脱炭が遅れ，それに起因する噴出等の問題により歩留は低下するとともに，変動が大きくなる。

4.2 高溶銹配合チャージ

1) 平常操業 54 ch に対して 47 t/ch (約 13% 減) の操業を行なつたが，酸素使用量，吹錬時間ともに約 13% 減となつた。従つて出鋼 t 当りの酸素原単位はかわら

ず、製鋼能率(t/ch)は若干低下することになる。

2) 歩留は heat balance 上、鉄鉱石が多量に装入され、その鉄源に相当する歩留が期待できる。

ただし、この操業は装入、中間炉という噴出に対する最も条件のよい時期に行なつたものであることを、歩留増については十分考慮に入れておく必要がある。

このようなことから、高溶銑配合は能率低下が問題とならない場合には、溶銑と屑鉄の値段差および、歩留増を考えれば、検討の価値ある操業といえよう。

669.184.244.66:669.7P6.

(53) 純酸素転炉における窒素の挙動について

富士製鉄、広畑製鉄所

大矢 龍夫・古垣 一成
 “ 本社 松 永 久
 “ 広畑製鉄所 ○牧 野 勝

On Nitrogen Behavior in LD Operations.

Tatsuo ŌYA, Issei HURUGAKI,
 Hisashi MATSUNAGA and Masaru MAKINO.

1. 緒 言

純酸素転炉製鋼法においては、高純度酸素の使用ならびに、激しい脱炭反応のために、他の製鋼法に比較して、N が低いという特徴がある。鋼中の窒素は、磨薄板の時効硬化の要因としてよく知られており、できるだけ低いたことが要望される。

そこで広畑 60 t 転炉において、低窒素鋼を溶製する場合の種々の要因を調査した。

2. 調査方法

極軟リムド鋼の鋼中[N]を、溶銑、吹止、取鍋下の各段階で、試料採取し調査した。吹止、取鍋下試料は、ひしゃく内で Al で鎮静した後、試料鑄型に鑄込み水冷した。溶銑試料は、混転鍋内よりひしゃくで採取し、試料鑄型に鑄込んで急冷した。鋼中[N]は水蒸気蒸留法により分析した。N分析の再現精度は、 $\sigma = 2$ ppm 程度な

ので、2回分析を行ない、平均値をとつた。

酸素ガスは、工場内雑用酸素入口(酸素ガス本管より約 10m の場所)に、取出口を設置して採取した。酸素ガス中窒素ガスは、ガスクロマトグラフ法により分析した。

3. 調査結果および考察

3.1 酸素ガス中の窒素ガスの影響

従来転炉における吹止[N]は、使用酸素ガスの純度に密接な関係があるといわれている¹⁾。窒素ガス分圧 P_{N_2} と鋼中の窒素含有量[%N]が、Sieverts の法則に従うと

$$K = \frac{[\%N]}{\sqrt{P_{N_2}}}$$

(ここで K は平衡定数である。)

転炉の炉内圧 $P_0 = 1$ atm とした場合の窒素分圧 P_{N_2} と吹止[N]の関係を Fig. 1 に示す。図中の直線は $P_0 = 1 \cdot 0$, $K = 0 \cdot 044^{2)}$ の場合の平衡直線を示す。(ただし Sieverts の法則に従うとして、 $f_N = 1$ とした) この図によると吹止[N]のほとんどは、平衡値より大である。これは溶銑[N]が約 45 ppm あるので、吹錬中に脱窒が完全に進行しないで、平衡値に達する途中で吹止となるものと思われる。

3.2 溶銑成分および溶銑温度の影響

3.2.1 溶銑 [N]

調査期間中の溶銑[N]は 20~80 ppm であつた。

溶銑[N]と吹止[N](石灰石補正)との関係を Fig. 2 に示す。ここで吹止[N](石灰石補正)は、石灰石使用量が吹止[N]と強い相関があるので、石灰石使用量を 500 kg/ch に補正した場合の吹止[N]である。この図から吹止[N]と溶銑[N]は 1% 有意で相関があるが、溶銑[N]の高いほど脱N率が大い。そのため溶銑[N]の吹止[N]におよぼす影響は、比較的小さい。

3.2.2 その他の溶銑成分

溶銑[Ti]が 0.10% 高くなると、吹止[N]は約 4 ppm 低下する(5% 有意)。溶銑温度と溶銑[Ti]の間には強い相関がある。溶銑[V]が 0.10% 高くなると、吹止[N]は約 4 ppm 低下する(10% 有意)。Ti, V は強い窒化物形成元素なので、それぞれの窒化物を形成して除去されるためであろう。

溶銑[S]が 0.010% 低くなると、吹止[N]は約 2 ppm 低下する(2% 有意)。PEHLKE & ELLIOTT³⁾によれば、S は酸素同様表面活性元素で、脱窒反応速度を減少させるといわれている。その他溶銑[Si], [C]等と吹止[N]の間には相関は認められなかつた。

3.2.3 溶銑温度

溶銑温度が 100°C 高くなると、吹止[N]は約 4 ppm 低下する(10% 有意)。溶銑温度が高くなると、転炉吹錬で石灰石使用量が増加する。吹止[N](石灰石補正)と溶銑温度の間には相関は認められなかつた。

3.3 吹錬条件の影響

3.3.1 石灰石使用量

調査期間中に、普通チャージより石灰石を多量使用し(約 1400 kg/ch)、ライムボイルによる脱窒効果を確認する試験を行なつた。その結

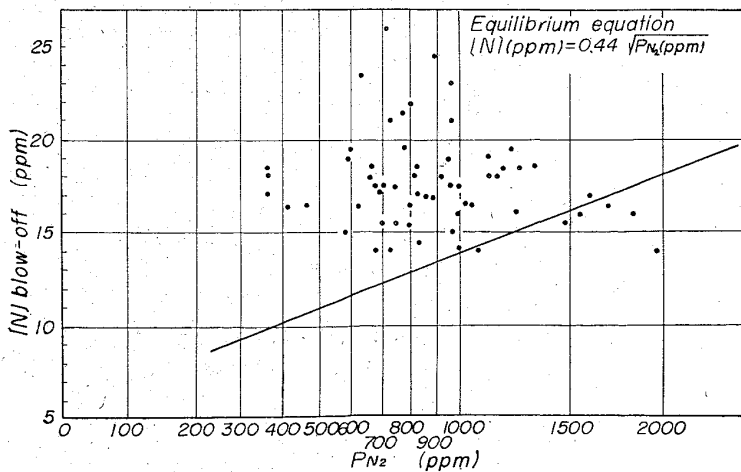


Fig. 1. Relation between N_2 content in blown oxygen and [N] content in blow-off steel.