

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 OYA, 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

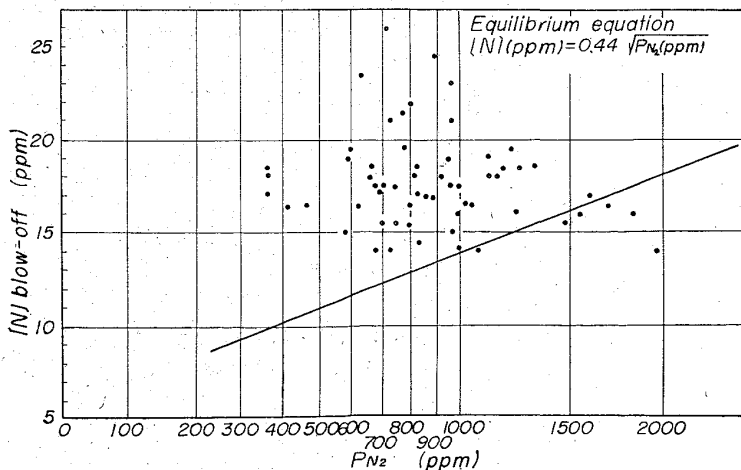


Fig. 1. Relation between N_2 content in blown oxygen and [N] content in blow-off steel.

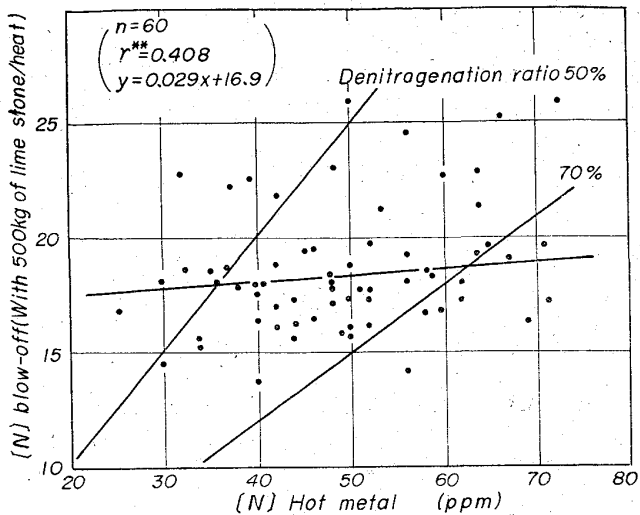


Fig. 2. Relation between [N] content in hot metal and [N] content in blow-off steel. Values are adjusted to the normal flux practice with 500kg of lime stone/heat

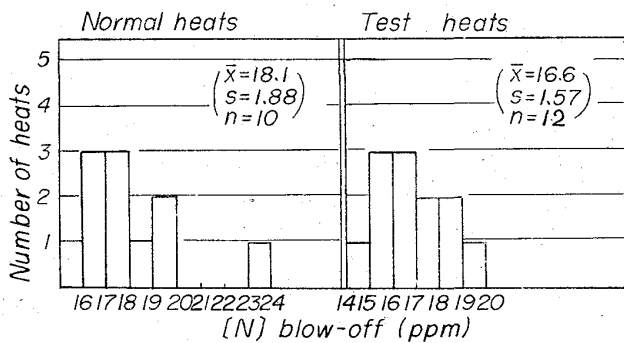


Fig. 3. Histograms of [N] content in blow-off steel for test and normal heats. (The mean amount of lime stone used was 1400kg/ch in test heats and 500kg/ch in normal heats.)

果を Fig. 3 に示す。対応した平均値の差の平均を求めると $\bar{d} = 2.0$ ppm であり、試験チャージの吹止 [N] が 2 ppm 低いことが確認できた。

3.3.2 吹止温度

吹止温度が高くなると、吹止 [N] は低下する傾向がある。鋼浴温度が高くなると、窒素の溶解度が増加することが認められているが、本調査の吹止 [N] は平衡値以上である。温度が高いほど、脱窒速度は大となるので吹止 [N] は平衡値に近づくように、低下するのである。

3.3.3 吹止 [N]

吹止 [C] が 0.04~0.11% の範囲では、吹止 [C] が低下するにつれて吹止 [N] が減少する傾向がみられる。

3.3.4 再吹錬

再吹錬を行なう場合、溶鋼が空気によつて置換されて、窒素分圧の大きな雰囲気と接触するため、溶鋼中の窒素が上昇すると一般にいわれている⁵⁾。当所における再吹錬後の鋼中 [N] は、吹止 [N] に比較して 2.8 ppm 上昇する (1% 有意)。

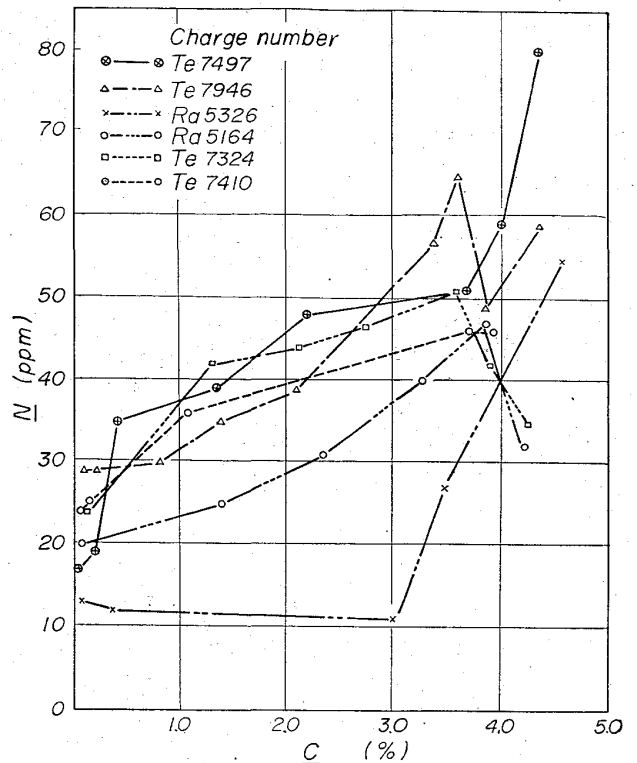


Fig. 4. Nitrogen charge during blowings.

3.4 溶銑配合率

転炉鋼中の [N] に影響する要因として、溶銑配合率があることはよく知られている⁵⁾。溶銑配合率が高いほど、脱炭が激しくなり、鋼中 [N] は平均する。

当所でも、全溶銑配合チャージは、通常チャージ (溶銑配合率 73%) に比較すると、平均値で 4.4 ppm 低い。

3.5 吹錬中の N の挙動

Fig. 4 に吹錬中の C と N の関係を示した。これらのデータは、吹錬中に連続してサンプリングを行なつたものである。この図から鋼中 N は、C の低下とともに連続して低下している。

3.6 取鍋下窒素

吹止 [N] と取鍋下 [N] を比較すると、1.6 ppm 取鍋下の方が高い (1% 有意)。これは出鋼中に、空気と溶鋼が直接接触するためおこつたものと考えられる。

4. 結 言

極軟リムド鋼の吹止 [N]、取鍋下 [N] におよぼす要因について調査した結果、次のことがわかつた。

- 1) 酸素ガス中の窒素が、400~2000 ppm の範囲では、 P_{N_2} と吹上 [N] の間に相関は認められなかつた。
- 2) 溶銑 Ti が高い方が、吹止 [N] は低い。
- 3) 石灰石を 1 t/ch 使用することにより、吹止 [N] は 2 ppm 低下した。
- 4) 再吹錬により吹止 [N] は 2.8 ppm 高くなる。
- 5) 全溶銑吹錬は、通常吹錬より吹止 [N] は 4.4 ppm 低い。
- 6) 出鋼中に 1.6 ppm 鋼中 [N] は上昇する。

文 献

- 1) 武田: 純酸素転炉法の研究 (学位論文), (1961) 9
- 2) 的場, 笠松: 学振 19 委, (1957) 4510

- 3) PEHLKE & ELLIOTT: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 218 (1960), p. 1088
- 4) H. SCHENCK, et ali.: Arch. Eisenhüttenw., 29 (1958), p. 673
- 5) 川崎製鉄: 第 13 回 LD 技術懇談会資料, (1964) 3

669.184, >44.66:669.046.564
 :669.784:669.01>.1-52

(54) 転炉の脱炭反応に関する考察と それに基づく鋼浴炭素濃度連続測定の可能性

(転炉への計算制御に関する研究—I)

住友金属工業, 和歌山製鉄所

理博 藤井毅彦・〇荒木泰治・丸川雄浄

Consideration on Decarburization Reaction in the Oxygen Process and Possibility of the Continuous Determination of Bath Carbon.

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

Dr. Takehiko FUJII, Taiji ARAKI and Katsukiyo MARUKAWA.

1. 結 言

転炉製鋼法は、製鋼能率の高いことのほかに鋼質の点においても、他の平炉等の製鋼法に比して、いろいろの優れた点を有している。国内はいうにおよばず、世界のすう勢も上吹き転炉製鋼法が、その中心を占めつつある状況である。したがって、この転炉製鋼法の長所をより引き伸ばすための計算制御の転炉操業への導入が、世界の製鋼部門における中心的課題となつていても過言ではない。そこで、この計算制御の中心をなす鋼浴カーボン濃度の連続測定を可能にするべき、ソフトウェアの開発を、脱炭反応に関する基礎的調査の上で立つて検討を加えてみた。

2. 製鋼過程における脱炭反応機構について

2.1 脱炭反応に関する実験的研究結果

10kW 真空管式高周波溶解炉での脱炭反応の速度論的研究¹⁾により、脱炭速度と鋼浴炭素濃度の間に、Fig. 1 に示すような関係が得られた。この図から、脱炭速度と

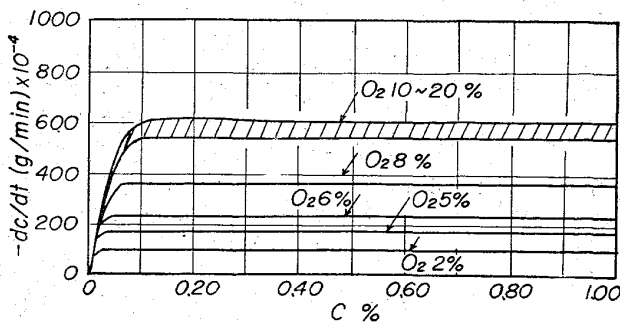


Fig. 1. Rate of decarburization by gaseous oxygen VS. C in high frequency induction furnace. 1600°C , oxygen 0~20%.

炭素濃度との関係において、2つの領域があることが判る。すなわち、脱炭速度が炭素濃度によつて変わらず、酸素濃度にしたがう領域と、炭素濃度によつて変り、酸素濃度にしたがわない領域とがある。これは、つぎのように考えることができる。反応の起こる場所は、この場合溶鉄と雰囲気ガスとの接触する自由表面であり²⁾、その反応面へ、炭素と酸素が移動することによつて、反応が進行するのであるが、炭素濃度の高い場合は、炭素の反応面への到達速度が大であるため、酸素の到達速度によつて脱炭速度が定められ、炭素濃度が低下すると、逆に炭素の到達速度によつて脱炭速度は定められる。以上が実験室的研究の結果得られた基礎的理論であるが、これが実際の製鋼炉で、どのようにあてはまるかを以下にみる。

2.2 平炉における脱炭機構

和歌山製鉄所における酸素製鋼時の 100 t および 200 t 塩基性平炉での脱炭速度と炭素濃度との関係を Fig. 2 にしめす³⁾。この結果、ここでも前の実験炉で示した考え方をそのまま生かすことができ、精錬の進むにつれて炭素濃度にかかわらず、脱炭速度が一定の領域から、炭素濃度に比例する領域へと移行する段階が、明瞭に示されている。しかも、高炭素領域における脱炭速度一定の領域では、酸素流量の増加とともに、脱炭速度が増加していることが、わかる。ただ、脱炭速度が、炭素濃度によつて変化する領域でも、酸素流量によつて脱炭速度がいくぶん変化しているようであり、これは、酸素流量の増加による反応面積の増大と鋼浴攪拌効果の増大のためと考えられる。

2.3 転炉における脱炭機構

転炉においては、その構造上から、任意の時点で溶鋼から試料を採取することは、非常に困難であり、また、たとえ採取できたとしても、非常に製鋼時間が短いため、そのサンプルの分析によつて吹錬を制御することは、非常に困難である。ここに計算制御の必要性が生まれてくるのである。そこで、われわれは、次に示すような装置により、間接的に、廃ガスより転炉吹錬中の脱炭状況をつかむことを考えた。

Fig. 3 に示すような系統図をもつた脱炭速度計算装置

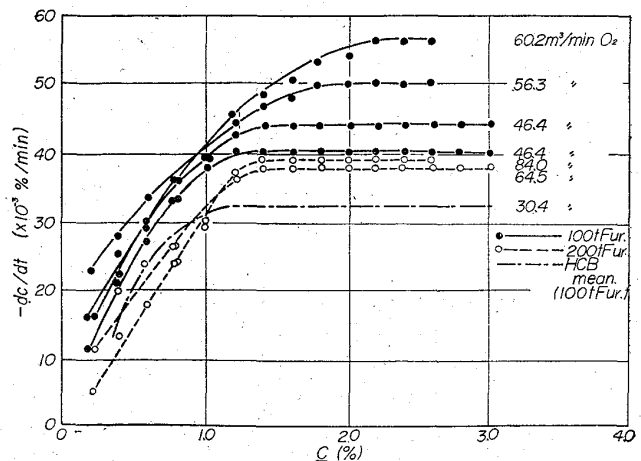


Fig. 2. Rate of decarburization VS. C in a basic open hearth furnace.