

使い込んだ先端の丸い電極の場合はアークは円柱状であるが、先端の平坦な電極ではアークがカーテン状に拡がることが多い。これはアークスポットはその電流に応じて電子放出のために、ある広さを必要とすると考えられ、使い込んだ電極では先端部の角が無くなっているためアークスポットが円状に拡がって、アークの経路もその中心から円柱状に伸びる。しかし先の平坦な電極では先端円周の角で電界が局部的に不均一になるため、この点での電子放出が容易となり、また他相電流による磁界の影響や表皮効果も加わって、スポットはこの部分に発生しやすく、必要な面積を確保するために円周に沿って細長いスポットを形成する。そのためにアーク径路もスポットに応じてカーテン状となる。

4. 結 言

小形アーク炉における溶落後の短時間(約1 sec 間)を対象にしているため、アーク炉アークの一断面を観察したにすぎないが、アーク現象に極性の影響が大きいこと、フレアが主に電極から生じていて、その最高移動速度がアーク電流・電圧によって決まるらしいこと、アーク現象が電極先端形状によって大きく支配されることなどがわかった。

文 献

- 1) W. E. SCHWABE: Vfh UIE, N.123
- 2) H. KRABIELL: Vfh UIE, N. 134
- 3) K. KEGEL: Electrowärme, 22 (1964) 10, p. 357
- 4) H. HARTMANN: Electrowärme., 23(1965)3, p. 84
- 5) 電気学会: 放電現象, 昭 37
- 6) 安藤・長谷川: 溶接アーク現象 昭37, 産業図書
- 7) W. E. SCHWABE: Iron & Steel Eng., (1957) 6, p. 84
- 8) F. HARMS and K. FRÖBRODT: Stahl u. Eisen, 85 (1965) 2, p. 72

(75) 低炭素リムド鋼溶製時の窒素の挙動について

住友金属工業, 和歌山製鉄所

池田 隆果・〇丸川 雄浄

On the Behaviour of Nitrogen during the Production of Low Carbon Rimmed Steel

Takami IKEDA and Katsukiyo MARUKAWA

1. 結 言

冷延鋼板の時効性にNが大きな影響をもつということは、周知のことである。製鋼関係者にとって、このNを低下させることが、現在大きな問題の1つになっている。

この論文は、溶銑からはじまって、冷延鋼板にいたるまでの40数チャージの一連試験の結果を中心にしてまとめたものである。

ここで押えた試験は、次の諸点にわたっている。

- (1) 溶銑中Nの分析
- (2) 吹錬用O₂中のN₂のガスクロマトグラフィーによる分析
- (3) 終点溶鋼成分(C, N)の分析

(4) 銑込終り銑型内溶鋼成分(C, N)の分析

(5) 蓋置前銑型内溶鋼成分(C, N)の分析

(6) 冷延鋼板M部成分(C, N)の分析

また、吹錬途中の溶鋼サンプリングを特殊装置を用いて行なつた。その他、チャージ数は少ないが出鋼後の鍋中のサンプリングも行なつている。

試験の対象とした製鋼炉は、和歌山製鉄所 160 t 転炉(未燃焼ガス回収式転炉)であり、13~17 t 扁平銑型に銑込んだ。またN分析はJIS容量法によつている。

2. 吹錬終点の溶鋼中Nにおよぼす吹錬諸条件の影響ならびに吹錬中のNの挙動

2.1 溶銑中Nの終点Nにおよぼす影響

溶銑中のNは、 $30\sim 70 \times 10^{-4}\%$ と非常にバラツキが大きいが、終点Nにはあまり影響がなかつた。この結果は、富士鉄りの結果と同じである。

2.2 吹込み酸素中の微量N₂の終点Nにおよぼす影響

試験チャージの吹錬中期のO₂ガスを転炉工場パルプセンターで採取し、ガスクロマトグラフィーで分析した。酸素中のN₂の分析値と終点Nとの関係を見ると、Fig. 1に示すごとく、バラツキは大きい、右上りの傾向がみられ、N₂(vol.%)の少ないときと多いときで、終点Nに $3\sim 4 \times 10^{-4}\%$ 程度の差ができる。ただし、この試験における、ガスクロマトグラフィーによる微量N₂分析の絶対値の精度には、若干の問題²⁾がある。

2.3 吹錬中のNの挙動

吹錬中のNの挙動に関しては、いろいろの説がある。川鉄の報告³⁾によれば、初期若干の脱窒があり、中期はほとんど脱窒しないか、もしくは、N付加がみられ、末期になつて、また脱窒が進行するという結果がある。この吹錬中の窒素の挙動は、脱炭反応のメカニズムとも関連しているため、和歌山転炉における吹錬途中サンプリングを用いて、吹錬中の脱窒状況を検討した。試験結果をFig. 2に示した。吹錬初期に脱窒が急速に進行している。吹錬中期から末期にかけては、溶銑中のN%が低下するにつれて、脱窒速度が小さくなり、徐々に脱窒が進行している。吹錬末期になると逆に窒素付加がみられるチャージがある。このNの挙動から、吹錬末期を除き、脱窒はCOパブルの洗浄作用によつて進行し、脱窒速度は、溶銑中のN濃度に大体一義的にしたがうようである。

2.4 吹錬末期におけるNの上昇

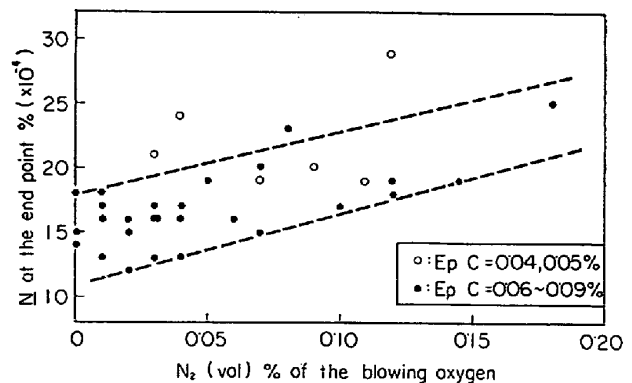


Fig. 1. Effect of the N₂(vol) % of the blowing oxygen on the end point N.

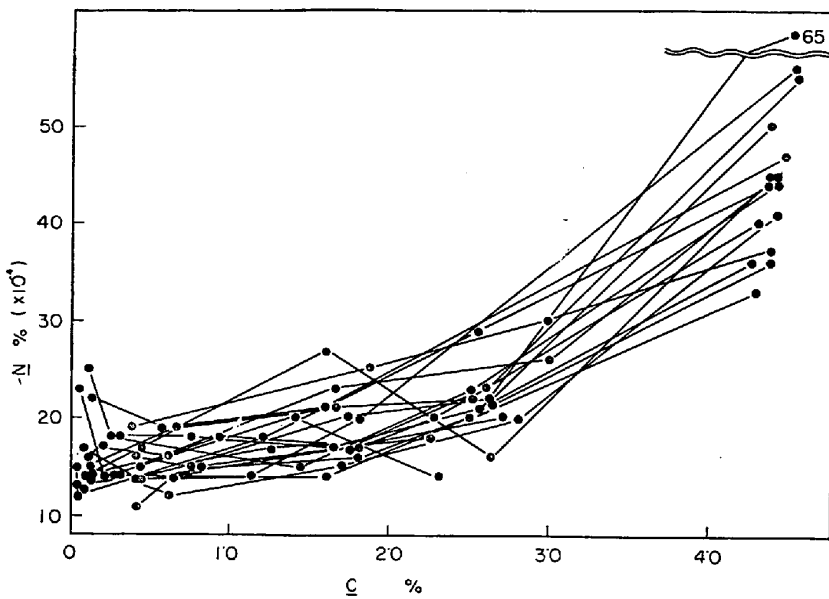


Fig. 2. Behaviour of \underline{N} during the refining of the converter.

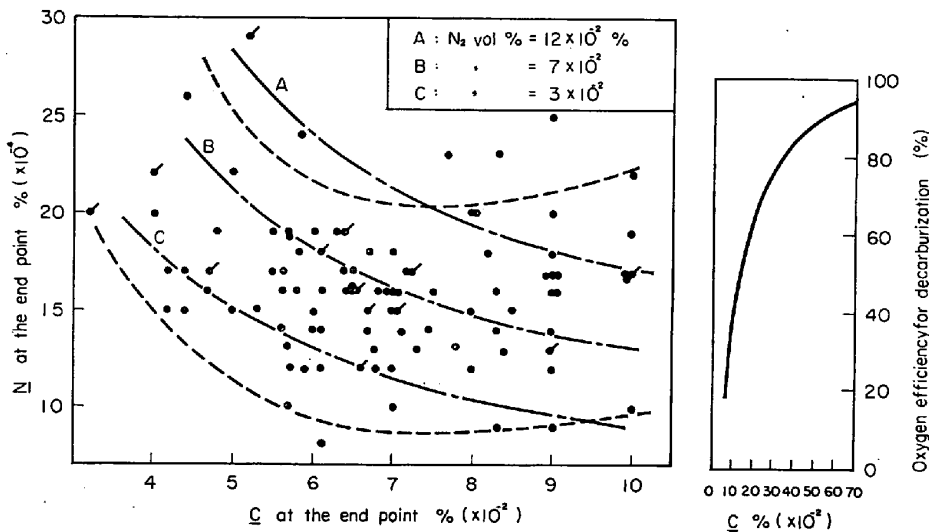


Fig. 3. Behavior of \underline{N} at the low carbon range, and theoretical value of \underline{N} equilibrated with $\underline{N}_2(\text{vol})\%$.

吹煉末期になり、終点 \underline{C} が 0.10% 以下になったときの \underline{N} の挙動を Fig. 3 に示した。 \underline{C} が 0.05% 以下になると逆に \underline{N} が増加する様子がみられる。この現象については、他社⁴⁾ 当所⁵⁾ において確認され報告されている。この現象を以下に若干考察してみる。

鋼浴の $\underline{C}\%$ がまだ高く、脱炭反応が活発な時期は、吹込まれた酸素のほとんどすべてが、脱炭に消費され、酸素効率は大体 100% に近い。したがって、この時期の反応においては、吹込 O_2 が 1 mol. に対して、排ガス (CO ガス) はほぼ 2 mol. に増加する。したがって、吹込酸素の中に入っていた N_2 が、鋼浴と接触するときは、半分に分圧に稀釈される。ところが、吹煉末期になり、 \underline{C} が低下してくると、脱炭反応に消費される O_2 効率が低下し、鋼浴を酸化し、 FeO 、 Fe_2O_3 、 MnO などの生成のために消費される酸素量が増加してくる。また、吹込ガス量より、廃ガス量の方が次第に小さくな

る。したがって、鋼浴に接するガス層中の N_2 は、濃縮されてくる。すなわち、溶鉄と接触するガス中の N_2 分圧は、脱炭速度および O_2 効率に逆比例して増大してくる。

この低炭素領域で、ガス中の N_2 分圧と平衡する溶鉄中の $\underline{N}\%$ を SIEVERTS の式 ($\underline{N}\% = 0.044\sqrt{P_{\text{N}_2}}$) で計算し、その結果を Fig. 3 に破線で示した。計算には、Fig. 3 の右に図示している酸素効率率曲線 (脱炭速度チャートの一例より計算) を用い、 $\text{N}_2(\text{vol})\%$ が、0.03%、0.07%、0.12% の 3 種類の場合について示している。

\underline{N} が増加するか減少するかは、溶鉄中の $\underline{N}\%$ が、溶鉄と接触する気相中の N_2 分圧と平衡する $\underline{N}\%$ より高いか、低いかによつてきまる。Fig. 3 に示したように、 $\text{N}_2(\text{vol})\%$ が高いものは、 \underline{C} が、0.10% ぐらいになれば、洗浄作用がなくなり、 \underline{N} 付加が始まる。 $\text{N}_2\%$ が低いものは、 \underline{C} が 0.06%、0.05% になつても洗浄作用が続き、 \underline{N} 付加に転化する時点が遅れることになる。

以上の考察から、吹込み酸素中の N_2 が、終点の $\underline{N}\%$ に大きな影響をもつのは、低炭領域においてはじめて顕著になるということがわかつた。すなわち、終点の \underline{N} 値は、吹込酸素中の $\text{N}_2\%$ と、その終点時の酸素効率の 1 つの要因の密接な関連のもとに、大きく影響を受けていることがわかる。

またこの領域では、Fig. 3 に示したように、計算結果と実績が非常によくあつていることから、ガス相の N_2 分圧と溶鉄の

$\underline{N}\%$ とは平衡状態に近いと推定される。

2.5 再吹煉の影響について

Fig. 3 のプロットにヒゲをつけたものが、再吹煉チャージである。すでに、当所から報告⁶⁾ した結果と同様、 \underline{N} の再吹煉による上昇はみられなかつた。

3. 出鋼以後の \underline{N} の上昇について

出鋼以後の \underline{N} 上昇の要因としては、(1) 出鋼流への空気中 N_2 の浸入、(2) レードル添加物もしくは、その投入時の空気のまき込み、(3) 鑄込流への空気中 N_2 の浸入、(4) リミング中の溶鋼面への空気中 N_2 の浸入の 4 つが考えられる。

以下に、この \underline{N} 上昇の過程およびその量について調べ、それに対する考察をしてみる。

3.1 出鋼から鑄込終了時までの \underline{N} の上昇

終点 $\underline{N}\%$ と、鑄込終了時の鑄型内 $\underline{N}\%$ とを対比した結果を Fig. 4 に示したが、平均して $3\sim 4 \times 10^{-4}\%$ の

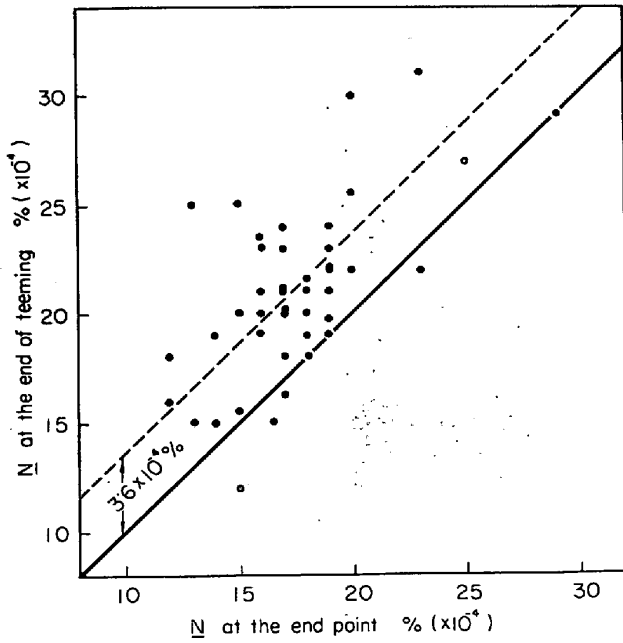


Fig. 4. Pick up of N from the end point until the end of teeming.

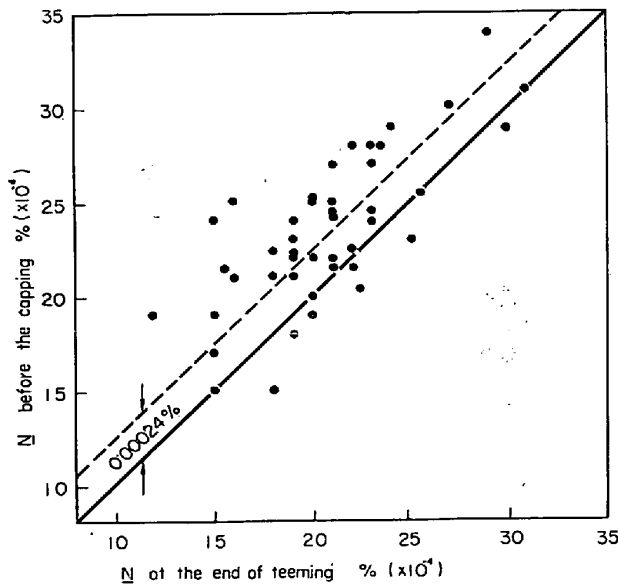


Fig. 5. Pick up of N during the rimming action.

上昇がみられる。また、鍋中サンプリングより、出鋼中と鑄込中の N 上昇の割合が、1:3 程度であることがわかった。

この結果より、要因 (1)、(2) はかなり小さなものと考えられることができる。また、これを裏づけるものとしてセミキルド鋼、キルド鋼の鑄込終了3時鑄型内 N 値を次に示した。

セミキルド鋼	{	低 Mn Al	セミキルド	30~36 × 10 ⁻⁴ %
		高 Mn	セミキルド	24~33 × 10 ⁻⁴ %
キルド鋼	{	低炭 Al	キルド	55~70 × 10 ⁻⁴ %
		低炭低 Mn	キルド	50~60 × 10 ⁻⁴ %
		高炭高 Mn	キルド	50~60 × 10 ⁻⁴ %

この値からわかることは、レドール添加物の量によつ

て、鑄型内 N 値が定まるのではなく、脱酸度によつて大体の値が決定されるようである。ただし、Al の使用は、わずかに同じ脱酸度で他の脱酸剤使用のものより、 N が高くなるようである。

出鋼から鑄込終了までの間の N の上昇に、脱酸度が大きく影響していることから、脱酸度によつて溶鋼表面の N_2 分圧に差が生じていることが推定される。すなわち、完全に脱酸された溶鋼表面は、ほぼ 0.8 気圧に近い N_2 分圧と接触し、 N の上昇が大きい。これに反し、脱酸の程度が少なくなるにつれて、その溶鋼表面の N_2 分圧が低下し、 N の上昇が小さくなるのではないかと考えられる。また、溶鉄中の O 値が大きくなると、 N_2 吸収速度が低下するといわれているが、 O 値にして 0.03~0.002% 程度では、あまりその差は大きくないと考える。

以上より、出鋼以後の N 上昇は、溶鋼表面の雰囲気および気相とふれる溶鋼表面積によつて、その大部分が、きまるものと考えられる。

3.2 鑄込終りから蓋置前までの N の上昇

結果を Fig. 5 に示したが、平均して $2\sim3 \times 10^{-4}\%$ の上昇がみられる。また、蓋置前の N と冷延鋼板での N と対応させると、ほぼ同じ値になつている。このことから、鑄込終了時から冷延鋼板までに、 $3 \times 10^{-4}\%$ の N が上昇すると考えられる。

この現象は結局、リミングアクションを起こす CO パプルの気相への排出にともなう脱窒よりも、溶鋼表面からの N_2 の浸入の方が、大きいことによるものと考えられる。

4. 結 言

最終成品の N 値を決定するものは、大きく分けて 2 つになり、そのおのおのの要因をとりまとめると、次のようになる。

(1) 吹錬終点の N 値

この要因としては、次の 2 つがあげられる。1 つは、吹込酸素中の N_2 濃度、もう 1 つは、終点時の酸素効率 (吹錬条件一定のときは、終点 C 値でもよい。) である。なお、溶鉄中の N 、再吹錬などは、ほとんど影響しないことが判明した。

(2) 出鋼以後の N の値上昇量

上昇過程のうち、一番大きく上昇する過程は、鑄込中であり、出鋼中、リミング中も若干上昇する。

これらの上昇の一番大きな要因は、溶鋼表面の雰囲気、および気相と接する溶鋼表面積と考えられ、レドール深加物などは、直接にはあまり大きく関与していないようである。

文 献

- 1) 大矢, 古垣, 松永, 牧野: 鉄と鋼, 52 (1966), p. 358
- 2) 仁藤: 高圧ガス協会誌, 27 (1963), p. 530
- 3) 川鉄 (千葉): 第 31 回製鋼部会資料, 31-830
- 4) 八木, 古茂田, 斎藤, 神崎, 松野, 関根, 香川: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 414
- 5) 住金 (和歌山): 第 15 回 LD 技術懇談会資料