

(150)

吹 錬 中 の 窒 素 の 挙 動

(LD転炉の吹錬反応の研究—III)

日本鋼管 技術研究所 ○石 黒 守 幸 大久保 益 太

LD転炉は、本質的に低窒素の鋼を製造するに適した炉であるが、ある程度窒素を含んでいた方が望ましい場合もある。この目的のため12トン試験転炉において、火点に気体窒素を添加する実験を行なった。本報では、そのデータに基いて解析した吹錬中の窒素の挙動について報告する。

鋼中窒素濃度変化の一例を図1に示す。窒素ガスを添加しない場合は、吹錬初期に急激に、その後は徐々に減少する。窒素ガスを添加した場合では、吹錬初期に急激に減少し、添加しない場合と同レベルになったのち増加しはじめるが、吹錬中期では、ほぼ同一レベルを保ち、末期に急上昇する。

溶鉄中窒素には、溶解窒素と介在物状態の窒素がある。窒素介在物は、その形態、物性、溶鉄の攪拌状態によって定まった速度で浮上する。溶解窒素は、ガス—メタル間反応により、吸収、脱窒される。窒素添加時の加窒速度は、一般に次式で示される。

$$\text{加窒速度} = \text{窒素吸収速度} - \text{脱窒速度} \quad (1)$$

溶解窒素と窒素介在物は 独立の挙動をとるものと考えれば、(1)式を各々について、別々に取扱うことができる。窒素ガスを添加しない場合、吹錬中酸素ガス中の P_{N_2} は非常に低いため、転炉内雰囲気は、窒素に関しては「真空」に近いので、窒素の吸収は起こらず、脱窒のみが進行する。脱窒速度式は、

$$-\frac{d[N]_R}{dt} = k' [N]_R (In) - A_1 \frac{d[C]}{dt} \quad (2)$$

ここで k' は、窒素介在物の浮上分離係数で、 A_1 は脱窒係数であり、それぞれ吹錬条件により一定値をとる。(2)式から、(3)式がえられる。

$$[N]_R = [N]_0 \exp(-k't) + A_1 [\%C] + A_2 \quad (3)$$

吹錬中のInsol Nは、吹錬時間10分で消失すること、溶鉄中Insol Nは30ppmであることなどから、係数を決定すると(4)式の様になる。図1のCurve 1は、これに相当する。

$$[N]_R = 30 \exp(-0.8006t) + 2.72[\%C] + 18 \quad (4)$$

窒素ガスを添加した場合、酸素ガス中 P_{N_2} と平衡する溶鉄中窒素濃度は、時間とともに、ほぼ直線的に変化($[N]_{eq} = A_3 t + A_4$ 、図1、Line 1)する。Line 1が、窒素ガスを添加しない場合の溶解窒素の曲線の上部にきたとき、はじめて窒素ガスの吸収が起る。ガス—メタル界面における窒素の吸収速度式は、(5)式のようになる。これを積分すると(6)式となる。

$$\frac{d[N]}{dt} = k_N \frac{A}{V} ([N]_{eq} - [N]) = r (A_3 t + A_4 - [N]) \quad (5) \quad [N] = A_3 t + A_4 \exp(-rt) + A_4^{-1/r} \quad (6)$$

窒素ガス添加時のCO boilingによる脱窒速度式は、(7)式で表わされる。 $-\frac{d[N]}{dt} = A_6 t^2 + A_7 t + A_8$ (7)

(4)、(6)、(7)式から、定数を決定すると、窒素濃度の変化は、下のように表わされる。(4)、(8)、(9)、(10)、に従って抽いた曲線がCurve 2である。(i) $0 \leq t \leq 3.0$ (4)式 窒素の吸収は起こらない

$$(ii) 30 \leq t \leq 6.0 \quad [N] = 4.047t + 19.13 \exp(-0.4472t) - 11.80 + 30 \exp(-0.8006t) \quad (8)$$

$$(iii) 60 \leq t \leq 18.0 \quad [N] = 4.047t + 19.13 \exp(-0.4472t) - 11.80 + 30 \exp(-0.8006t) - \frac{41}{12} \left(\frac{t-6}{2}\right) - 10 \left(\frac{t-6}{2}\right)^2 + \frac{29}{16} \left(\frac{t-6}{2}\right)^3 \quad (9)$$

$$(iv) 18.0 \leq t \leq 22.0 \quad [N] = 4.047t + 19.13 \exp(-0.4472t) - 46.80 + 30 \exp(-0.8006t) \quad (10)$$

(iii)は、吸収が介在物の浮上による脱窒より大きくなり、(iv)は、CO boilingによる脱窒の影響で窒素濃度は一定となり、(iv)は、脱窒は起こらず、窒素ガスの吸収により溶解速度が増大する。

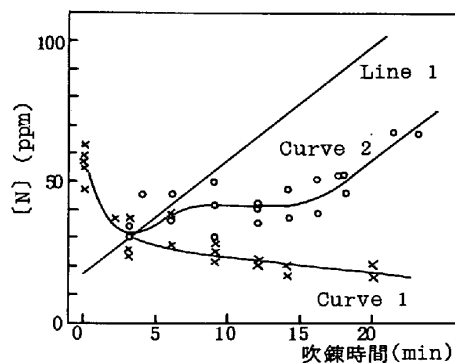


図1 吹錬中の窒素の挙動
○ 5% N₂ガス添加(実測値)
× N₂ガス添加せず(実測値)