

(102) 出鋼中における窒素の挙動 (転炉吹錬末期から出鋼後までの製鋼反応の研究 — I)

日本鋼管 技術研究所 ○石 黒 守 幸
大久保 益 太

I 緒 言

出鋼中には、必ず加窒現象が起こり、この加窒量は、鋼中窒素含量に大きな影響を及ぼす。当社 80 トン転炉において得られたデータに基づいて、出鋼時の大気加窒過程の解析を行なった。

II 加窒機構

(1)式で表わされる大気加窒量 Δ [ppmN] を、Ladle [%O] に対してプロットすると 図 1 のようになり、加窒量は、[%O] により大きく変化し、キルド鋼範囲で急激に増大し、[%O] ≥ 0.03 では、高々 6 ppm しか加窒されない。

$$\Delta \text{ [ppmN]} = \text{Ladle [ppmN]} - \text{終点 [ppmN]} - (\text{レードル添加剤からの加窒量}) \quad (1)$$

出鋼時の大気加窒過程には、a) 出鋼口から取鍋内湯面までの落下溶鋼流への加窒、b) 取鍋内溶鋼への大気加窒、が考えられる。出鋼が完了すれば、溶鋼面は、可成り厚いスラグ層でカバーされるので、それ以後の加窒は無視しうる。終点 [%O] は、0.03% 以上で、このような高酸素濃度のまま落下した溶鋼は、a) b) 両過程で高々 6 ppm しか加窒されず、レードル底部の脱酸剤と急激に反応し、脱酸された溶鋼のみが、多量に加窒されることから、出鋼時の加窒は、大部分 b) 過程によって進行することがわかる。

加窒速度式は、反応系の体積が、時間的に変化する場合、(2)式で表わされる。

$$V \frac{d[N]}{dt} = k_{NA}([N]_{eq} - [N]) - [N] \frac{dv}{dt} + [N]_i \frac{dv}{dt} \quad (2)$$

$$V = c_1 t (c_1; \text{Const.}), [N] = [N]_i \text{ at } t = t_0$$

として積分すると、(3)式となる。

$$\frac{(k_{NA}[N]_{eq} + C_1[N]_i) - (k_{NA} + C_1)[N]}{(k_{NA}[N]_{eq} + C_1[N]_i) - (k_{NA} + C_1)[N]_i} = \left(\frac{t_0}{t}\right)^{C_1} \quad (3)$$

k_{NA} を求め、Ladle [%O] に対してプロットすると 図 2 となる。溶鉄中の表面活性元素である、酸素、硫黄は、ガス-メタル界面に集積する傾向をもつ。表面活性元素が、溶鉄表面に“単原子層”を形成するとして、Surface Coverage Ratio: S_x を考えると、窒素の吸収に有効な界面積 A は、

$$(4) \text{式で表わすことができる。} \quad A = S_f; A_0 \quad S_f = 1 - (S_O + S_S + S_{OS}) \quad (4)$$

実測 [%S] の範囲では、 Δ [ppmN] に影響しないから、 $S_f = 1 - S_O$ と考え、 $k_{NA}A_0$ を求めると 図 3 となる。表面活性元素が存在しない場合の反応界面積 A_0 は、一定とみなせるから、 $k_{NA}A_0$ が、[%O] によらず一定値となることは、溶鉄中の溶解酸素が、溶鉄表面に集積し、窒素吸収に対する Chemical cap となることを暗示している。[%O] ≥ 0.03 で $k_{NA}A_0$ が増大しはじめるのは、酸素原子の集積状態が、単原子層から変化するためであろう。出鋼中における窒素の吸収は、表面活性元素の Chemical cap と、メタル側境界層中における窒素原子の移動律速で説明しうる。

