

(88) 転炉ランス冷却方法の一つの考え方

日本鋼管 技術研究所 ○ 岡 計 夫 多 田 健

1. 緒 言 ; LD 製鋼法においてランスおよびランスノズルの寿命は鋼の品質に直接影響するのみならず、生産性に対しても影響する。ノズルの寿命に影響する因子としては種々あるが、ここではその主因子の 1 つである冷却方法について検討してみた。以下それらについて検討する。

2. 検討方法 ; 転炉ランス冷却方法を検討する場合、次の 4 項目について十分検討した上で決定すべきである。(i) ランス全体の熱バランス。(ii) ランスノズル先端部における最大熱流束 (iii) ランス管内および先端部などの圧力損失 (iv) 製作上の検討。ここでは(i)~(iii)の項目についてそれぞれ仮定をもうけて検討したので以下簡単に記述する。

(i) ランス全体の熱バランス ; ランスの冷却を考える場合、まずランス全体の熱バランスを検討して、冷却水量を決定すればよい。ランスへの入熱は次式で表わされる。 $Q_{in} = UA(T_G - T_W) \dots (1)$ ただし、 A = ランス外表面積、 T_G = ガス平均温度、 U = 総括熱伝達率。一方出熱は $Q_{at} = CpW(T_0 - T_i) \dots (2)$ 。ただし Cp = 水の比熱、 W = 冷却水量、 T_0 = 水の出口温度、 T_i = 水の入口温度。ここで入出熱がバランスしていると考えて(1)、(2)式より冷却水量が決定できる。

(ii) ランスノズル先端部における極大熱流束 ; 最も問題となっているノズルの寿命はこの項に該当し、吹錬中に入熱量から考えて、ノズル先端において冷却水は十分沸騰する場合があるのでその冷却方法には沸騰熱伝達の理論を取り入れて考えなくてはならない。そこでちなみに転炉吹錬中におけるランスノズルに対して 1600°C の溶鋼のシャワーが流速 1 m/sec でかかっていると仮定するとその時の入熱量 (Q_{in}/A) は $2 \times 10^6 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ となり、十分極大熱流束以上の値となりうる。そこで入熱量 (Q_{in}/A) よりも少なくとも大きい極大熱流束を冷却水が持つように流速と圧力を決定しなくてはならない。たとえば強制対流バーンアウト理論に対する佐藤氏らの極大熱流束の実験式(3)を用いてランス先端での圧力をパラメータとして、ランス高さとの関係を求めてみた。その 1 例を図 1 に示す。

$$\left(\frac{Q}{A}\right)_{B.O.} = q_{B.O.} = 450 e^{\frac{P}{20}} \Delta T_{sat}^{3.6} + 0.023 \frac{\lambda}{De} Re^{0.8} Pr^{0.4} (\Delta T_{sat} + \Delta T_{sub}) \dots (3)$$

ただし、 D_0 = 水相当直径、 P = 全圧、 ΔT_{sat} = (壁温度) - (飽和温度)、 ΔT_{sub} = (飽和温度) - (冷却水バルク温度)、 λ = 液体の熱伝導率、 Re = レイノズル数、 Pr = プラントル数。

(iii) ランス管内およびランス先端部での圧力損失 ; ランス冷却水は内外筒において圧力損失を生じるのみならず、ノズル先端部においては断面積が絞られ、しかも流水方向が反転するため圧力損失を検討し、十分なポンプ能力を確保しなくてはならない。圧力損失の計

算には一般に次の近似式で表わされる。 $\Delta P_{total} = \sum_{i=1}^n \zeta_i \frac{\rho \bar{u}_i^2}{2g} \dots (4)$

ただし、 $u_1 = 1$ における水の平均流速、 g = 重力の加速度、 $\zeta_1 = 1$ における水の抵抗係数、 ρ = 水の密度である。

3. 結 論 ; (i) ランス冷却水量はランス全体の熱バランスを十分検討して決定しなければならない。(ii) 転炉吹錬中におけるノズル先端の熱負荷は非常に大きく、その冷却方法を定める場合沸騰熱伝達理論を適用するのが妥当であろう。(iii) 沸騰熱伝達理論を適用する場合、管内での圧力損失を検討し、十分な圧力が確保できるようにポンプ能力を決定しなくてはならない。

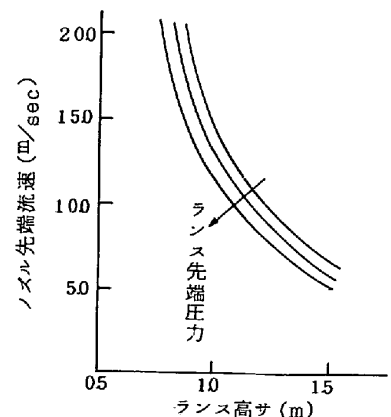


図1. ランス高さとノズル先端流速関係