

(討5) 上吹転炉内スラグのフォーミング現象について

新日鐵 生産技術研究所 ○立川 正彬 工博 島田 道彦
石橋 政衛 白石 惟光

I 結 言

吹錬過程における転炉内スラグの変化の中で、組成、量のほかに注意すべきは、そのフォーミング現象であろう。筆者らの測定¹⁾によれば、吹錬中期においてスラグは最も膨脹し、転炉口附近まで達している。これは炉口からのスラグの飛び出しスロッピングとは無関係ではない。このスロッピングを(スラグフォーミング+運動量授受)と考え、フォーミング現象つまり転炉内のスラグ高さを制御することは操業上意義のあるものと思われる。2.5 t 試験転炉²⁾と戸畑 170 t 転炉³⁾における調査結果をまとめて報告する。

II 吹錬中のスラグ高さ

(1) 測定法 試験転炉では肩部から挿入するスラグ採取棒により、戸畑転炉ではサブランス先端に装着した電極により⁴⁾スラグ位置を測定した。

(2) 測定例 170 t 転炉におけるスラグ高さの時間的経過を図-1に示す。試験転炉の場合と同様に、初期に上昇し、末期に下降するが、そのパターンは吹錬条件により異なる。初期の上昇速度は酸素流量 F_{O_2} に比例的であり、最高高さはランス高さや炉回数の影響を受けることが認められた。

(3) スラグ組成の不均一性 吹錬中に得られたスラグ試料の分析結果は、スラグ組成の経時変化が大型炉も試験炉も大差ないことを示したが、その数値はかなりばらついた。フォーミングスラグの高さ方向の均一性を知るため、吹錬中断時のスラグ試料について組成変化を調べたところ、図-2に示すように、中断後は(CaO)は濃くなり、(T.Fe)、(MnO)は稀薄になる傾向を認めた。後述のスラグ高さが中断と同時に低下することからみて、スラグ内に高さ方向の組成不均一があるものと考えられる。

III スラグフォーミングの特性

(1) 吹錬中断試験 スラグの力学的特性をみるため、試験転炉において吹錬を中断してスラグ高さの時間的変化を調べた例を図-3に示す。データの解析からスラグの上昇期、下降期とも、第一近似としてスラグ高さ H_s の変化は次式で表わされる。 $H_{s,\infty}$ はある基準高さである。

$$dH_s/dt = Q - (H_s - H_{s,\infty})/\tau$$

すなわち、変化速度はフォーミングの生成速度 Q と、崩壊速度から決まり、崩壊過程はいわゆる時定数 τ を持った現象と考えられる。 Q は吹錬中断直前と再吹時では必ずしも一致せず、 τ は中断前後では変らぬようである。

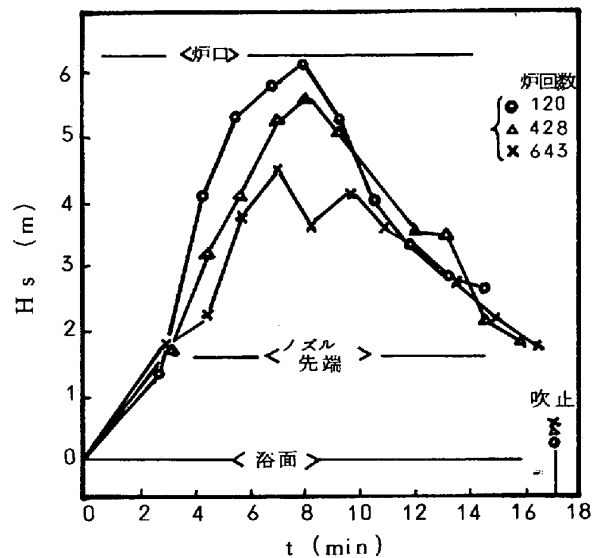


図-1 スラグ高さ代表例(170 t 転炉)

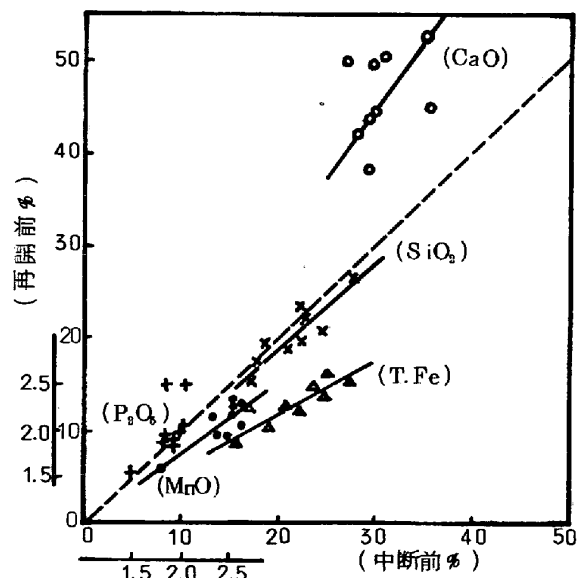


図-2 吹錬中断前後の組成変化

(2) Q , τ とランス条件 試験転炉において単孔ノズル $12\text{mm}\phi$, およびこれに相当する三孔と四孔の各ノズルを使用した際の, 吹錬初期の Q の値を図-4に示す。 Q に及ぼすランス高さ h の影響は大きくはないから, 同程度の h の場合について比較したが, 多孔化することにより Q の値が小さくなる傾向がある。これは孔数が多くなるほどに火点内の流速は低下し, 波立ちが減り, それだけ発生气泡の量が減ってくるためと推測される。

泡沫の崩壊時定数 τ は吹錬中にかなり大きな経時変化をする。使用酸素量 40Nm^3 で中断して求めた吹錬前期の τ は, 図-4に示すように酸素流量の影響を受けるが, 生石灰使用量は5%危険率で有意でない。生石灰の調整により滓化量を増加させ, スロッピングを軽減するという方法には余り期待できないと思われる。 τ の値はノズルの種類による差は少なく, 吹錬後期には 1min 以下であった。

吹錬中に F_{O_2} や h を急変した時のスラグ高さの変化は, 一定条件下のデータと先記の式との与える結果に合うことが認められた。

(3) スラグの影響 時定数 τ は CaO/SiO_2 により変るが, それを図-5に示した。これはCooperらの結果と同傾向にある。フォーミングがスラグ全体によるものか, 一部分の膨れに過ぎないかはスラグ-メタル反応を研究する際にも重要な問題と考えられる。吹錬途中で排滓し, 再びスラグ高さを測定したところ, 約半分のスラグ量においても吹錬中は排滓量に相当したスラグ高さの低下は認められなかった。ただし, 採取棒にはスラグの代わりにメタルの附着が多かった。

(4) 吹きこみ気体の影響 一般にスラグ高さの経時変化は転炉の排ガス流量の変化と似ており, また近似的に $Q \propto F_{O_2}$ であること, 吹錬中断と同時にスラグ面が低下すること等から, フォーミングの原因として火点で発生する泡が主体をなすものと推測される。スラグをフォーミングさせるガス量は, Q の値を用いて, 全排ガス流量の約1%と推算される。

気泡の発生過程を調べるために, 試験転炉において N_2 , あるいは Ar ガスを吹きこんだ。流量を O_2 の場合と等しくすれば, O_2 から N_2 に切替えた吹錬も, N_2 と O_2 を交互に 1min づつ繰返した吹錬も, N_2 によって起泡することを示した。図-6はその一例であるが, N_2 の起泡力は O_2 の場合の0.5~0.9倍と見積られる。すなわちスラグ中の

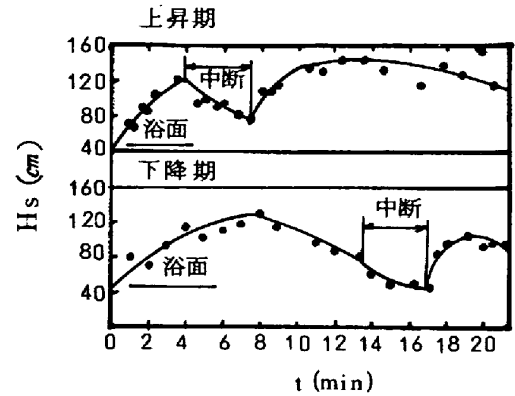


図-3 吹錬中断時のスラグ高さの変化

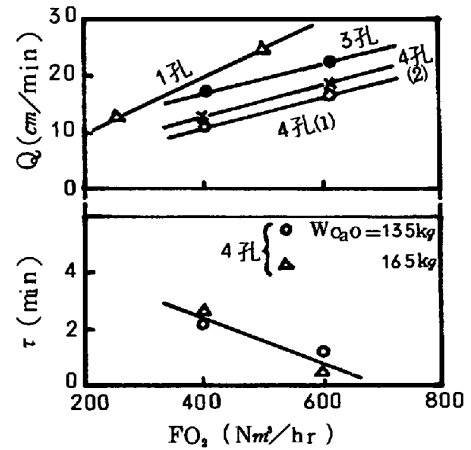


図-4 初期値 Q と吹錬前期 τ

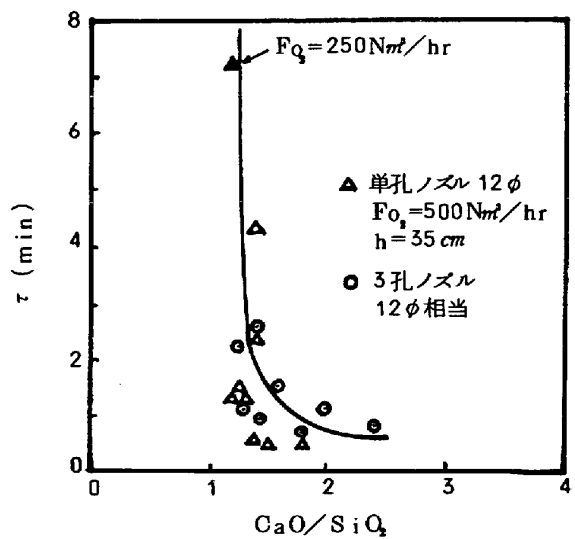


図-5 吹錬前期 τ と塩基度

酸化物の反応による起泡よりも、火点での発生、あるいは上昇気泡のスラグ中への分散等が優勢であると思われる。

(5) 階段状とピーク状の変化 試験転炉で測定したスラグ高さの変化には、その増加時に階段状変化を呈するものと、ピークを発生するものがある。前者の一例を図-7に示すが、図中約5minの時の変化を“階段状変化”と云っている。この変化の起きるスラグ高さは、ランス高さと同様を示し、大型水槽における洗剤泡沫のモデル実験中にノズル先端が泡沫に埋没してから起きる現象と同様なものと考えられる。その存在領域を図-8のように(F_{O_2} , h)平面上で示せば、図中のK印の領域となる。いわゆるソフトブローに階段状変化が多いが、測定が連続的でなく、測定精度等を考慮すれば、この変化は全領域に亘って存在すると考えるのが妥当であろう。

ピークの現われる場合は図-8のP印の領域であり、ハードブロー時に限られている。ピークの原因は、いわゆる“沸とうの遅延”すなわち[C]と[O]との不平衡状態の爆発的解消によるものかも知れない。

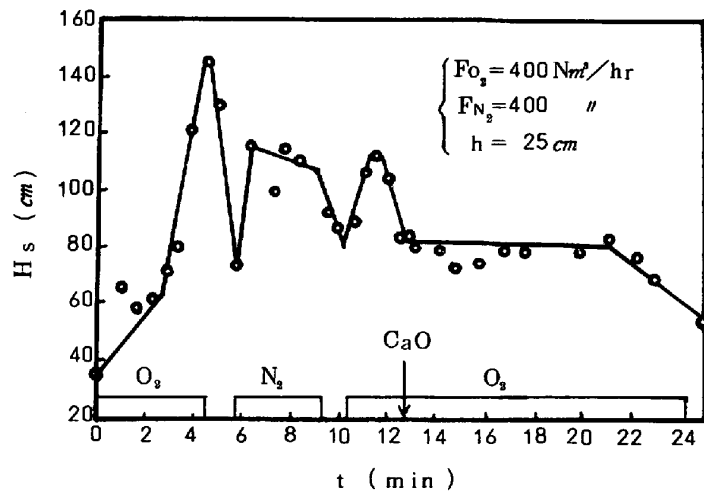


図-6 N₂ ガス吹込みの影響

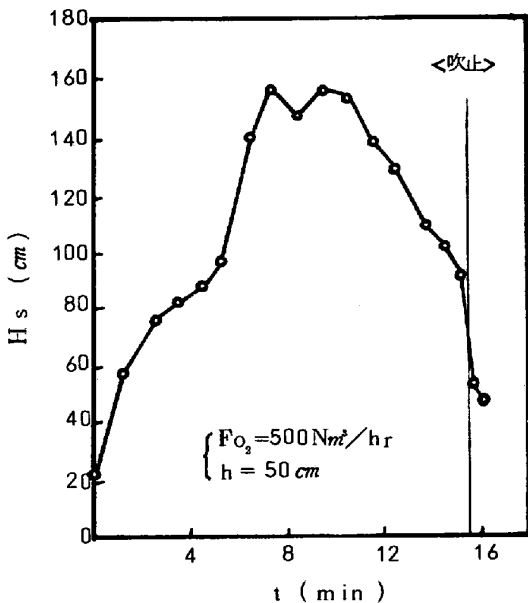


図-7 階段状変化

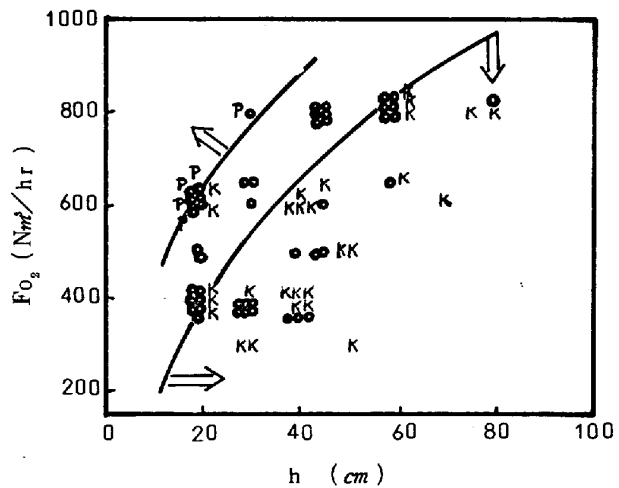


図-8 階段状変化とピークの発生域

IV フォーミングと操業条件

- (1) 溶銑組成 吹錬中の最大スラグ高さと吹止時の高さを指標として調べたが、Si, Mn, P, Cr, Ti, によってスラグ高さは大巾に変わることはなかった。
- (2) 鉄鉱石投入 50 kg を中間投入したが、破泡、起泡の両効果があり、2 min 程度で分解は完了したことが推定される。

74-A22

(3) 粉コークス装入 スラグ内気泡の中で粉コークスが酸化反応を生じ、破泡効果をもたらすことを期待して、40 kgを初装入して吹錬した。最大値で約30 cm低いスラグ高さを示した。

(4) 生石灰投入 生石灰の中間投入はフォーミングに対する破泡効果が現われる。戸畑転炉において通常の前装入生石灰の半分を中間投入に廻し、スラグ高さの最大になる時期に間接的に投入したところ、図-9に示すように約1 mのスラグ高さの低下が認められた。

(5) ミルスケール上積み効果 ミルスケールはスラグ高さに対して上積みの効果があるが、その作用期間は短い。また、スケールの投入方式によりガス発生が違い、ひいては上積み効果の出方が異なってくる。これからミルスケールの使用はスラグの最大高さになる時期より以前を避け、中間切出し方式にして落下スピードを殺し、かつスラグ高さの低い時期を狙うべきである。鉄鉱石の場合は落下スピードを増して鋼浴に到達させる方が有利であろう。

V 結 言

転炉吹錬時のスラグフォーミング現象をスラグの高さを測定することにより調べることができた。スラグ高さの制御法について二、三の知見を得たが、スラグ高さの連続測定と併用するならば、スロッピングの防止も可能と思われる。スラグ高さの連続測定法の開発を期待したい。フォーミングに粘性や表面張力が関係することは十分に推測される場所であるが、現象の理論的解析には、そのモデル自体の問題のほか、物性の面からも困難が多いと思われる。

文 献 :

- 1) 島田, 石橋, 立川: 鉄と鋼, 53, 10, S110, (1968)
- 2) 立川, 島田, 石橋, 白石: 鉄と鋼, 55, 3, S92, (1969)
- 3) 立川, 島田, 石橋, 白石: 鉄と鋼, 56, 4, S72, (1970)
- 4) 長野, 塩田, 岩尾, 森田: 鉄と鋼, 55, 3, S89, (1969)
- 5) Cooper, C.F. and Kitchener, J.A.: J.I.S.I 195, 48, (1959)

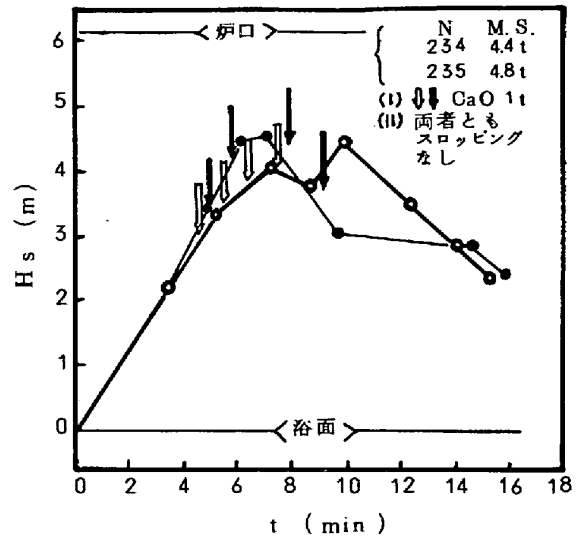


図-9 生石灰中間投入(170t転炉)