

第 4 会場(転炉・平炉・造塊・その他)

(115) 揺動取鍋の混合特性

八幡製鉄, 技術研究所

○島田 道彦・有吉 敏彦

Mixing Efficiency of Shaking Ladle.

Michihiko SHIMADA and Toshihiko ARIYOSHI.

1. 緒 言

揺動取鍋についてはすでに本誌りに適正回転数, 波高および駆動力の解析を報告したが, そこでは攪拌は単に波高に比例すると考え脱硫率の関係は取扱わなかった。しかし揺動取鍋の実験観察では攪拌はブレードの状態に入つて生ずるもので固有回転数以下では認められない。ここでは攪拌効果を定量的に測定することにより揺動取鍋の最適運転条件の検討および各種攪拌法の比較を行なった。

2. 実験・考察

脱硫効果を決める要因として二つが考えられる。一つは湯の表面に浮いた脱硫剤を浴中に巻き込み接触面積を増加させること。一つは浴全体の混合または脱硫された上層部の下への拡散である。ここでは前者を巻き込み, 攪拌, 後者を混合, 拡散として区別している。攪拌効果は比重 0.3~0.5 のスポンジを 3 mm 角に刻んで一定量を浴表面に浮かし, 容器側面より光を投じスポンジ沈下による遮光量を光電池で測定した。攪拌度 η は完全に透過する光量に対する, 浴中のスポンジによつて阻止される光量の割合をパーセントで示した。一方, 拡散速度については水中に電解液を投入し, 電気抵抗の測定によつて電解液が均一に分布するまでの時間を測定した。

測定に使用した容器は直径 300 mm に統一した。回転数は固有回転数 $N_0 = 57.36\sqrt{\tanh(3.682H/D)/D}$ rpm が浴深(H)と容器径(D)の比 H/D で変化するので実用上不便であり, $N_D = 57.36/\sqrt{D}$ と実回転数との比 N/N_D で表示した。

浴深Hと容器径の比 $H/D: 1/2, 3/4, 1/1$ の揺動取鍋について偏心率 d/D を 0.01~0.06 と変えて実験した。Fig. 1 a は各条件で測定した攪拌度 η を回転数 N/N_D に対して図示したものであるが, 効率の最高値は15%内外で差があるとは思えない。しかし偏心 d の小さい時は浴は浅い方が効率はよく, 大きくなるに従つて浴の深いものが良くなる傾向にあり, 同じ偏心では低い回転数では浴の浅い方が攪拌は強く回転数の増加に伴つて深いものがよくなる。これは浴が深いと固有回転数が低くなり実効的な回転数比 N/N_0 が大きくなること, また偏心が大きくなると, とくに浅い程, 回転流動が強まり軽いスポンジ片は比重の差で中心に集まり壁の巻き込みにあずからなくなるためである。偏心率 d/D が 0.01 以下ではいかなる回転数でもブレードは起らず攪拌は問題にならない。

この揺動取鍋の攪拌効果を向上させるには多くの方法が考えられるが, 容器壁に邪魔板を置いた場合, 楕円容器を用いた場合, 底に傾斜を設けた場合を実験した。垂直邪魔板の高さ δ を変化し, 回転数 $N/N_D = 1.24$, 偏心 0.02 の揺動取鍋の攪拌度を測定した結果が Fig. 2 である。この場合偏心が 0.01 以下では板の抵抗のため波が消失するが 0.02 以上では邪魔板のない場合に比して攪拌は著しく増加する。この邪魔板を螺旋状に取付けた時は波を螺旋に順方向に送つた方が効果が上がる。このことは攪拌効果は流れの乱れによる巻き込みに負うもので波を砕くことに関係しないことを示し, 邪魔板は波の輸送作用による回転流動を阻止し軽い浮遊物が中心に集まることを妨げる働きを持っている。邪魔板を持つ揺動取鍋の方が波が大きい。Fig. 1 b に揺動取鍋(偏心率0.02) a, 邪魔板付($\delta/D=0.02$) b の他に, 長短径比 2:1 の楕円容器 c, この楕円容器の 9.0° 往復回転 d, および円筒容器を段違いに対向して連結し回転した場合 e の回転数と攪拌が劣るかがわかる。

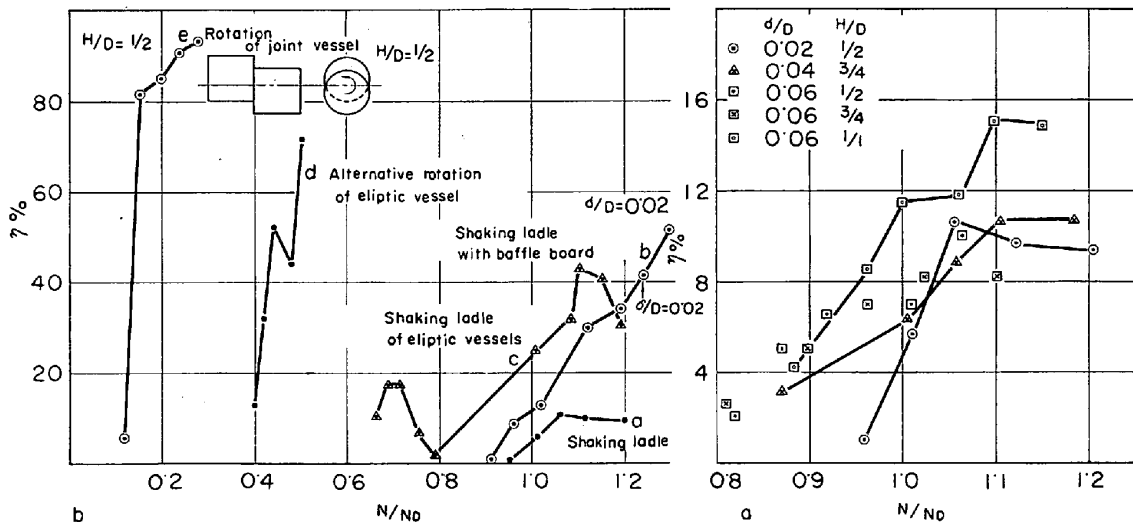


Fig. 1. Mixing intensity. a; shaking ladle b; various method.

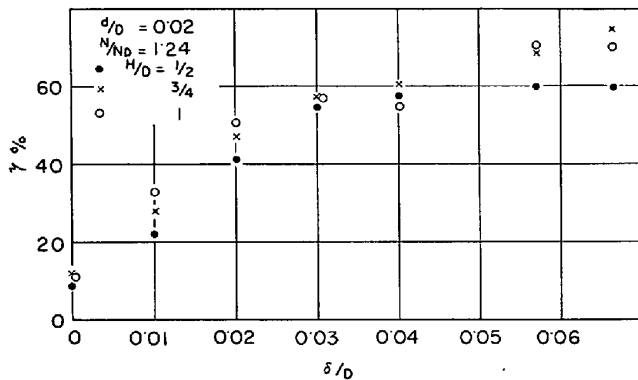


Fig. 2. Relation between mixing intensity and baffle board height.

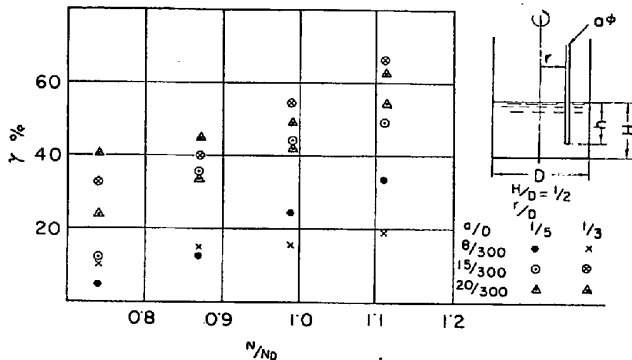


Fig. 3. Mixing intensity of bar stirring.

Fig. 3 に容器内で直径 a の棒を半径 r で回転した時の攪拌度を回転数に対して示す。この方法の特長は回転数に鈍感で直線的に攪拌が増加することである。巻込みは棒の後に発生する渦によつて行なわれ、かなりの効果を上げている。

以上の実験によつて揺動取鍋が他の攪拌法に比して攪拌率の劣ることが明らかになったが、この値のみで優劣を決めるべきではなく、実用化の上での設備費、作業能率、処理時間などをも考慮に入れねばならない。一方

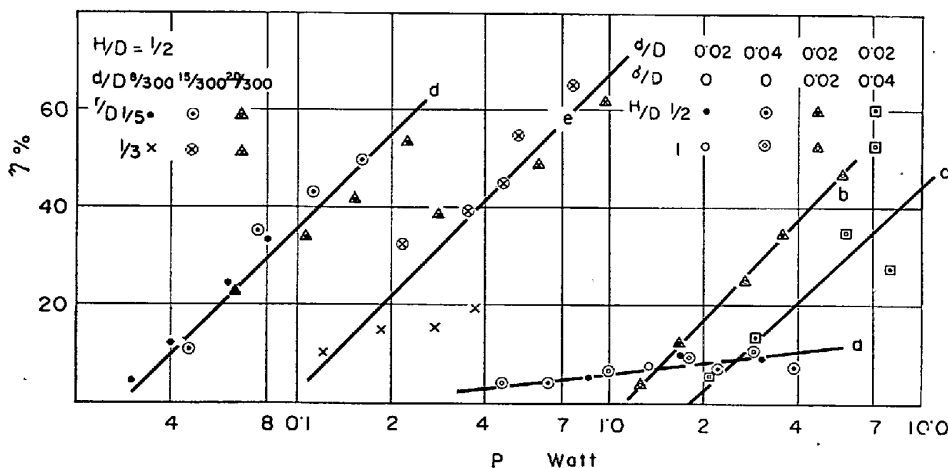


Fig. 4. Relation between mixing intensity and power supply.

攪拌という現象も広い意味での乱流現象で、流体に与えたエネルギーの逸散によつて成分の均一化を計るものであるから、攪拌法を比較する場合一定の攪拌を得るにいかほどのエネルギーを要するか、流体に与えたエネルギーの内いかに有効に攪拌に費されたかが問題になる。揺動取鍋についてはすでに本誌に駆動力の解析を行なつていたので、それを用いて供給エネルギーを計算することができるが、棒による攪拌に対しては次のように推定した。すなわち直径 a 浴中の長さ h の棒が密度 ρ の静止流体中を速度 v で動く時棒の受ける抗力 f は

$$f = (1/2)c\rho v^2 ah$$

その時棒のなす仕事 p は

$$p = fv = (1/2)c\rho v^3 ah$$

である。ここで c は抵抗係数で乱流の時 0.534、層流で剝離を伴う時 1.25 Kármán 渦の生ずる時 0.95 程度である。半径 r で毎分 N 回転する攪拌棒の相対速度は $2\pi Nr/60$ を起えない。よつてここでは速度をこの値にとり、抵抗係数を 0.534 とした。

このようにして求めた所要動力と先にスポンジによつて測定した攪拌度との関係を図示したものが Fig. 4 である。左方の直線 d, e はそれぞれ回転半径 r/D ; $1/5, 1/3$ の棒攪拌の結果を、右の a, b, c は揺動取鍋の効率を示す。棒攪拌がいかに揺動取鍋に比してエネルギー利用率が高いかがわかる。揺動取鍋 a, b, c の内、 a は通常の形式、 b, c は邪魔板 $\delta/D = 0.02, 0.04$ の容器を偏心 0.02 で駆動した場合を示すが、これらは通常の揺動取鍋では動力を増しても攪拌はそれほどよくなるが、邪魔板を設けることによつてエネルギーが有効に利用されるようになることを現している。また同一の効果を得るには $\delta/D = 0.02$ の方が優れている。

ここで図の横軸は系に与えた全動力であり、処理量は径一定であるから浴深 H/D に比例する。揺動取鍋では \bullet 印と \circ 印では処理量が倍になつていながらもかわらず、攪拌効果にほとんど差がなく、処理量の多い方が攪拌能率のよいことを示している。また実際の動力測定でも浴の浅い方が同一回転数では所要動力は大きい。

後一つの混合攪拌の目安である拡散速度（電解流を投入し電気抵抗が均一になる時間の逆数）と浴単位重量当

たりの動力との関係を示したのが Fig. 5 であるが、ここでは通常の揺動取鍋でも供給動力に比例して拡散速度が増加し、Fig. 5 と対照を成している。またこの拡散速度は回転数に対する関係においてもスポンジ片による攪拌度の測定と異なつて回転数に比例して増加し飽和する傾向はない。これは拡散は供給動力に本質的に比例するものであるが攪拌巻込みの効果は他の影響を受けやすく、揺動取鍋では浴の運動は回転数に比例して増加しながらも、攪拌効果は回転流動による遠心力で軽い浮遊物が中心に集り期待通りの効果を上

げ得ないことを示している。

3. 結 言

(1) 攪拌効果からいつて、揺動取鍋は能率が悪い。

(2) 揺動取鍋は邪魔板を設けるか、楕円容器を用いるかして攪拌を強化することができる。

(3) 棒による攪拌は揺動取鍋に比して動力は少なく、攪拌は強い。

(4) 巻込み攪拌が存在すればそれに伴つて混合拡散は十分行なわれているとみてよい。逆はいえない。

文 献

- 1) 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 515

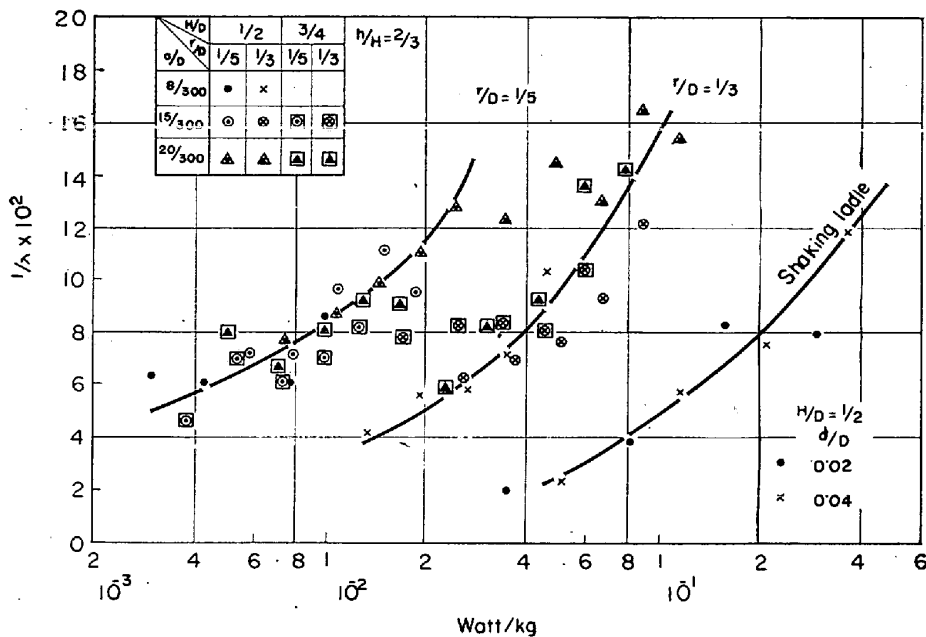


Fig. 5. Relation between diffusibility and power supply.

(117) 広畑転炉工場の3号転炉建設と2基操業について

富士製鉄, 広畑製鉄所

渡辺 秀夫・本間 悦郎
 大久保静夫・古垣 一成

Construction of No. 3 Converter and Two Vessel Operation at Hirohata Works.

Hideo WATANABE, Etsuro HONMA,
 Shizuo OOKUBO and Issei FURUGAKI,

1. 緒 言

広畑転炉工場は昭和35年11月より、60t 転炉の1/2 基操業を行なつてきた。この間、設備的には注入クレーンおよび溶銑クレーンの格上改造、モールドヤードの延長など、技術的には多孔ノズルの採用および炉体ライニングの薄肉化などにより、100t まで出鋼を可能にして高能率高生産を続けてきた。しかし、増大する転炉

	1964	8	9	10	11	12	1965	2	3
	7						1		
No.2 Mixer							—	—	
No.3 Vessel								—	—
Waste gas system							—	—	—
Teeming crane							—	—	
Mold crane							—	—	
Charging aisle		—	—	—	—				
Teeming aisle	—	—	—	—	—				
Mold preparing aisle	—								

Fig. 1. Construction schedule of No. 3 LD converter.

鋼の要求をみたすにはいたらないので、昭和39年6月より3号転炉の建設に着工し、9カ月の短期間工事を行ない、昭和40年4月より2/3 基操業を開始した。新設の3号転炉は従来の転炉よりも炉体をはじめ諸設備が大きいので、ランスノズルの取扱など特長ある操業を行なっている。ここに3号転炉の建設と工場配置の概要および特に特長ある設備と操業について報告する。

2. 建設工事および工場配置

3号転炉建設工事の前提条件として、

- (1) 既設転炉の操業を妨げず、従来どおりの生産を達成すること。
 - (2) 建設工期を9カ月とし延長しないこと。
- などがあり、転炉操業とのいろいろな障害のうち、最も問題となつたことは

- (1) スクラップヤード側の建家を延長するためスクラップシュートの搬出径路。
- (2) 混銑炉体搬入と溶銑受入。
- (3) 建家補強工事とクレーン走行。
- (4) 酸素配管増設。

などがあげられる。しかし建設工事と転炉操業との密接な連絡により、Fig. 1 に示すような工程で進捗させることができた。

工場配置を Fig. 2 に示す。

他工場と最も異なる特長なことは転炉炉体についてである。Fig. 3 に示すごとく、従来の1, 2号転炉と新設の3号転炉とでは鉄皮内容積が約60m³も異なり、またいずれも偏心型で出鋼には上向きである。

偏心型には次の2つの利点がある。

- (1) スロッピングがあつた時、噴出の方向が定まっているので、噴出物の大部分は炉下のスラグポット内に落下する。さらにFig. 4 に示すような特殊な装置を炉下に設けることによ