

討9

溶銑の連続脱硫法について

日本鋼管 技術研究所

安 藤 遼

1. 緒 言

連続脱硫の具備すべき条件として、次の4項目が挙げられる。

- 1) 脱硫剤と溶銑を十分に接触させる。
- 2) 溶銑自体の反応槽内での混合を良好な状態にする。
- 3) 槽内の溶銑の平均滞留時間を十分に保つ。
- 4) 作業性を良くする。

1)~3)項は理論上からの必要条件で、とくに、2)は連続脱硫に特有のものであり、4)は実用上から要求される条件である。既存の連続脱硫法の多くは作業性を良くすることに意を用いるあまり簡便に過ぎ、理論上の必要条件に対する考慮が不十分である。

著者はさきに報告した2つのタイプのバッチ式脱硫法^{1),2)}の応用を念頭に置き、連続脱硫法の必要条件を同時に総て満足する方法の可能性について検討した。すなわち、溶銑の攪拌は攪拌棒方式および整流板を併用したインペラ方式とし、まず、水モデルにより槽内の溶銑の混合および脱硫剤の溶銑中への巻き込みについて検討し、次に、容量4 tの槽による溶銑を用いる実験を行った。これらの実験から攪拌棒方式とまゆ型槽の組合せが最適であることが明らかとなったので以下に報告する。

2. 水モデル・テスト

槽内を流体が通過するとき、流体自体の混合が起こる。混合のタイプは次の4つに代表される。

- 1) ピストン流、2) 完全混合、3) 直列多段完全混合、4) 吹きぬけ、停滞部の存在する場合
- 連続脱硫で、これらのうち、最も好ましくないのは吹きぬけの状態であり、一方、理想的なのはピストン流の場合である。しかし、ピストン流は理論的理想モデルなので、現実の目標は少なくとも完全混

合、好ましくは直列多段完全混合を、しかも、できれば単槽で同様の効果を得ることである。

2. 1. 長円型槽における液の混合

長さ3 m、巾0.5 mの長円型槽で、攪拌棒方式の攪拌ユニットが最大7個取り付け可能なもの、および、長さがこれより短かく攪拌ユニットが最大で3個および2個取り付け可能な槽を用いて、槽内における液の混合状態を調べた。槽内の液の深さは60 cm、攪拌棒の浸漬深さは20 cm、軸回転数は100 r.p.m.で、隣り合う回転軸はたがいに対向向きに回転する。なお、測定は槽内を予めサフラニンTで着色した水で満たし、これに無色の水を流入する方法を用いた。

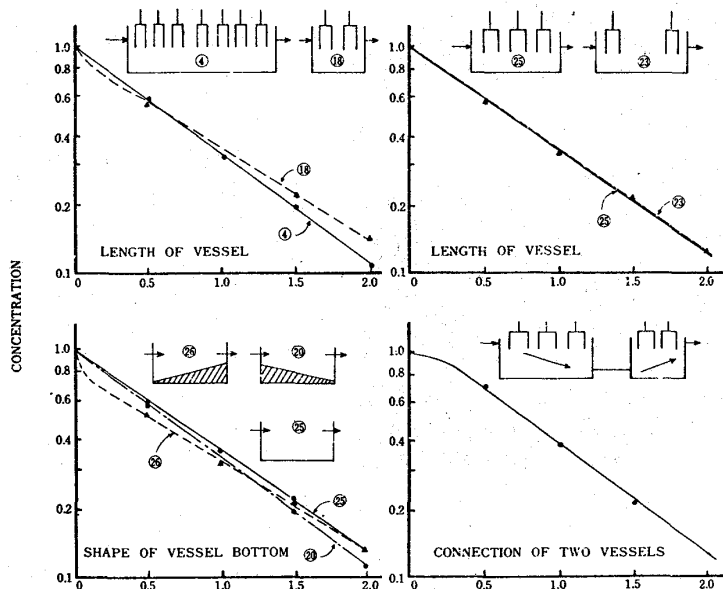


Fig.1 Results of water model mixing test in oblong-section vessel

要因として1)槽の長さ、2)流量(滞留時間)、3)流入、流出口の位置、4)槽底部の形状、5)槽を連結した場合などを選び検討したが、多くの場合完全混合の状態が得られた。代表的な結果を図1に示す。

以上の実験から、長円型槽では完全混合は容易に得られるが、単槽で直列多段完全混合を得ることは困難であることが分かった。完全混合を得るための最もコンパクトな槽型は、槽底部が平坦で、攪拌棒ユニットが3個入る長さのものがよく、さらに作業性も考慮すると流入、流出口の位置は液面にできるだけ近い上部ということになる。後に行う溶銑を用いる実験装置は、この結果に基くものである。

2. 2. まゆ型槽における液の混合

円筒型容器(直径約15cm)2個の一部が重なって、その横断面がまゆ型となる容器を作り、攪拌棒、およびインペラによる攪拌を行って槽内の液の混合を調べた。いずれの場合にも直列多段完全混合の得られることが分かった。なお、まゆ型のくびれ部は狭い方が効果的である。

2. 3. 脱流剤の巻き込み

発泡プラスチックのチップを用いて、脱硫剤の巻き込みに関する実験を行った。

2. 3. 1. 攪拌棒方式による場合

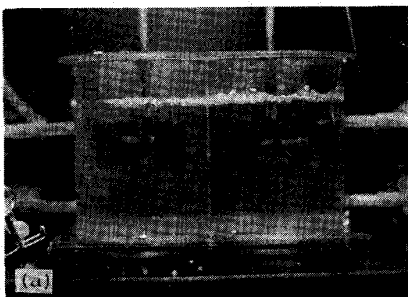
長円型槽に攪拌棒方式を用いた場合は、攪拌棒ユニットの数が複数個であれば、良好な巻き込み状態が容易に得られた。これに反して、まゆ型槽の場合は、攪拌棒ユニットの隣り合う回転軸の回転方向により全く異なった状態が現出した。

写真1はこれらを示すもので、(a)では両軸とも停止している。(b)は1軸のみ回転した場合で、その軸を中心に液面は凹面となり、チップはその底部に集まるが、チップの巻き込みは生じない。(c)は2軸が反対向きに回転した場合で、各軸を中心に凹面ができ、チップはそれぞれの底部に集まるが、巻き

込みは生じない。(d)は両軸が同方向回転のときで、両軸を中心に浅い陥没部が生じ、チップは非常に良く巻き込まれる。

2. 3. 2. インペラあるいは整流板を併用したインペラ方式

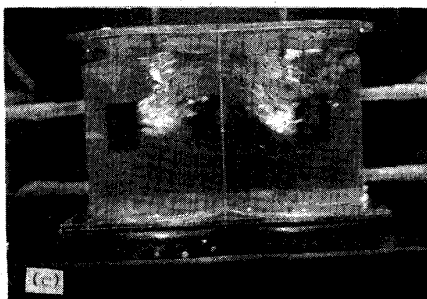
長円型槽の場合でインペラを2個用いたとき、両者の回転方向に関係なくチップの巻き込みは不安定である。まゆ型槽の場合は両インペラの回転方向によって異なった状態が得られる。すなわち、両者の回転方向が異なるときは、チップの良好な巻き込みが見られるが、同方向回転のときは、チップは両軸間の液表面を浮遊しつつ往復し、巻き込



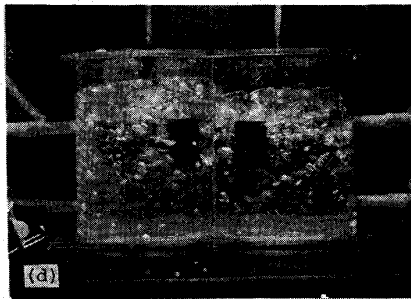
(a) Two shafts not revolving



(b) One shaft revolving



(c) Two shafts revolving in the opposite directions



(d) Two shafts revolving in the same directions

Photo 1 Withdrawal of chips in convex-section vessel with stirring rod system

みは僅かしか見られない。

インペラに整流板を併用すると、インペラのみと若干異なる状態の場合が認められた。長円型槽でインペラが同方向回転のとき、インペラのみでは不安定であった巻き込みが、整流板を併用すると巻き込みを生ずるようになった。また、まゆ型槽で両インペラが反対向き回転のとき、インペラのみでも良好な巻き込み状態が得られたが、整流板を併用すると、さらに低い回転数で同様の状態が得られた。

3. 溶銑を用いた実験

高炉炉前に最初長さ 1.65 m, 巾 0.75 m, 容量 4 t の長円型槽を設け実験を行った。この場合攪拌は攪拌棒方式である。次にまゆ型槽を代用するものとして、円筒型槽を 2 個直列に連結し、これに整流板を併用したインペラにより攪拌する方法について実験した。

3. 1. 長円型槽の場合

まず槽内の溶銑自体の混合状態を確認するために、 ^{198}Au を用いて測定を行った。図 2 に示すように完全混合の状態の得られていることが確かめられた。なお、攪拌をしないと吹きぬけの状態である。

次に脱硫性能を調べるために Ca C_2 の原単位を変えて脱硫率を求めた。なお、溶銑の槽内平均滞留時間は 2 min, 4 min の 2 水準とした。図 3 に測定結果を示す。参考のために他の例³⁾も示した。 Ca C_2 を 3 kg/t 用いることにより、約 70 % の脱硫率が、平均滞留時間 2 min で得られた。なお、用いた溶銑は 0.03 ~ 0.05 % S, 0.5 ~ 0.7 % Si で溶銑温度は約 1450 °C である。

この実験で最も大きな問題となったのは溶銑の飛散であった。あらためて水モデルによる実験により液の飛散状況を調べた結果、攪拌棒の進行方向直前に生ずる波が、槽内壁に沿って上昇するのが主原因であることが分かった。対策として槽の液面より若干上方の部分のライニングを削り、消波溝を設けるのが有効なこと、また、さらに有効な手段は攪拌棒の上端が液面下に存在する構造（写真 1 参照）にすることであることが分かった。

3. 2. まゆ型槽の場合

攪拌軸の駆動装置の関係で、本実験ではまゆ型槽の代用として円筒型槽 2 個を直列に連結したものを

用いた。攪拌は整流板を併用したインペラ方式である。

まず槽内の溶銑の混合について、Cu を用いて調べた。直列多段完全混合の状態であることが確かめられた。

溶銑自体の混合状態が良好なことから、次に行った脱硫性能を調べる実験では好結果が期待されたが、事實は意外にもインペラ方式はこの連続脱硫法には不適当であることが判

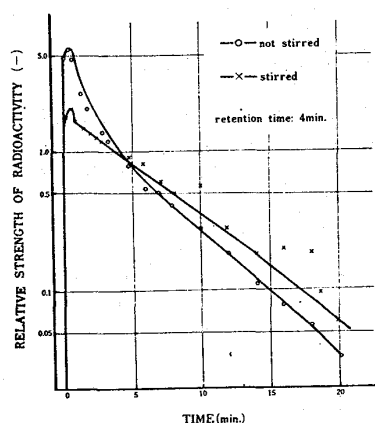


Fig.2

Mixing condition in the oblong-section vessel measured by ^{198}Au

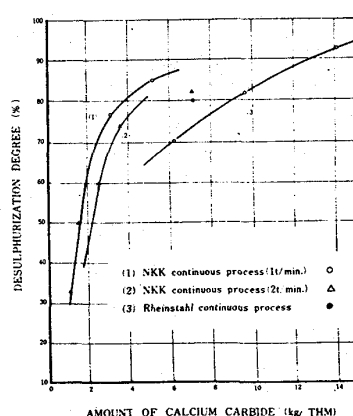


Fig.3

Degree of desulphurization and calcium carbide consumption in oblong-section vessel with stirring rods

明した。インペラによる場合、装入した CaC_2 が連続的に槽外に排出されず、次第にインペラ周辺に集積する。このため、これを槽外に排出するために、インペラをときどき停止せねばならなかった。従って、得られた脱硫率は最高で 40% 程度であった。攪拌棒方式では、攪拌中溶銑表面は CaC_2 の存在が分からない位よく観察され、 CaC_2 は連続的に槽外に排出される。

以上行った溶銑を用いる実験から、図 4 に示す装置が最適な連続脱硫法といえる。その特徴は、

- 1) 容器はまゆ型槽で 2 ～ 4 個の円筒型槽からなるもの。
- 2) 攪拌は攪拌棒方式で、各円筒型槽に 1 ユニットを配し、総て同方向回転とする。
- 3) 溶銑の飛散防止のため、攪拌棒の上端は液面下にある構造とし、できればさらに消波溝を設ける。
- 4) 槽の大きさは、溶銑の槽内平均滞留時間が 2 ～ 4 min になるようにする。

4. 結 論

溶銑の連続脱硫法の必要条件を同時に総て満たす方法について、先に開発した機械的攪拌方式の応用を前提として検討した。水モデル実験、溶銑を用いた実験結果は次のごとく取りまとめることができる。

- 1) 溶銑自体の混合は長円型槽では完全混合が、まゆ型槽では直列多段完全混合が得られる。従って、まゆ型槽の方が優れている。
- 2) 脱硫剤の巻き込みは、攪拌棒方式の場合槽内壁近くで起こり、インペラ方式ではインペラ軸周辺で起こる。このため、脱硫剤の槽外連続排出が前者では容易であるが、後者では困難である。従って攪拌棒方式がよい。
- 3) 脱硫剤の溶銑中への巻き込みは、槽型と攪拌方式の組合せ、さらに回転軸の回転方向によって著しく異なる。
- 4) 溶銑の槽内平均滞留時間は、溶銑温度が 1450℃ 程度するとき、2 ～ 4 min 必要である。
- 5) 作業性で特に問題となるのは、攪拌棒方式での溶銑の飛散で、対策は十分講じ得る。

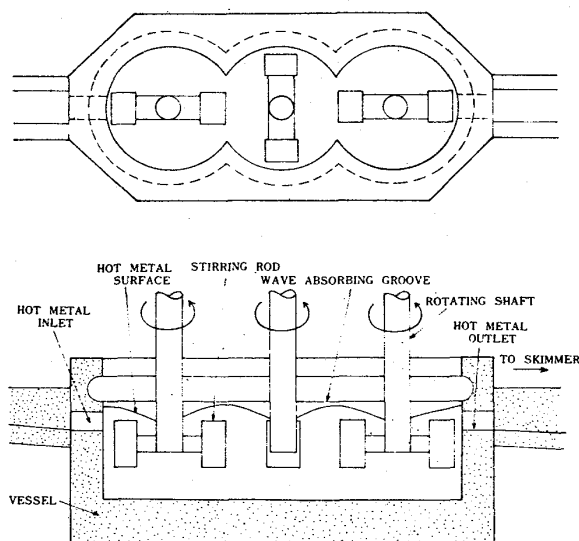


Fig.4 Schematic drawing of NKK continuous desulphurization process

以上の結果を総合して、まゆ型槽と攪拌棒方式を組み合わせる方法が連続脱硫法として最適との結論を得た。

文 献

- (1) R. Ando and T. Fukushima, Proceedings ICSTIS, Suppl. Trans. ISIJ, 11 (1970) 179
- (2) R. Ando and T. Kamoshida, Tetsu-to-Hagane, 59 (1973) 12
- (3) Von H-P. Schulz, J. Mandel and H-W. Gerling, Stahl u. Eisen, 91 (1971) 165