

## 上吹 Injection 法による溶銑の脱硫\*

70610

成田貴一\*\*・富田昭津\*\*\*・広岡和峰\*\*\*・佐藤義智\*\*\*

## Desulphurization of Molten Pig Iron by Means of Injection Method

Kiichi NARITA, Akitsu TOMITA, Yasuo HIROOKA, and Yoshitomo SATOH

## Synopsis:

A study has been made of cold model experiments and hot model experiments on the desulphurization of molten pig iron by means of injecting calcium carbide.

The results reported here are summarized as follows:

1) By the cold model experiments, effects of stirring solution in a ladle model is significant when a lance is immersed more than half of the bath depth. In this case the stirring effect is not affected by the immersion position of the lance in a ladle model, either center or wall-side.

2) A hot model experiments based on the cold one indicated that both results for desulphurization effects coincided very well, for example, effects of the immersion depth of lance could be applied to effects of desulphurization of molten pig iron.

3) Injection method, when a lance is immersed more than half of the bath depth, has a high degree of utilization of calcium carbide and a large effect of desulphurization per weight of molten pig iron.

(Received Mar. 23, 1970)

## 1. 緒 言

鉄鋼材料中の硫黄は機械的性質に多くの悪影響をおよぼすため、鉄鋼精錬における脱硫は重要な課題の一つであり、従来より数多くの研究がなされている。近年鋼の品質の向上とともに低硫鋼の要望が高まりつつあり、S低減への要求はかなりきびしいものがある。製鋼過程における脱硫処理にはおのずから制限があり、とくに転炉のような酸化性精錬では脱硫効果をいちじるしくあげることがきわめて困難である。したがって製鋼炉前の過程における脱硫が望まれ、最近低硫鋼の溶製を目的として、固体脱硫剤を使用した溶銑の予備処理、すなわち炉外脱硫が注目され、数多くの試みがなされてきた。たとえば各種の shaking ladle 法<sup>1)~3)</sup>、スターラー法<sup>4)5)</sup>、浸漬ランスにより脱硫剤粉末を吹込む injection 法<sup>6)7)</sup>、取鍋底部に多孔質耐火材プラグをとりつけた気体吹込攪拌法<sup>8)</sup>などがあり、短時間に確実に安定して大きな脱硫効果をあげている。

これらの装置には一長一短があり、それぞれの工場における製鋼段階での目標[S]値、操業頻度、設備制約、設備の取り扱いと保守性、設備費などによつてもつとも適したものが設置されている。

当社でもすでに可逆回転揺動取鍋法 (DMC 法)<sup>9)</sup>を開発しており、溶銑[S]量を約 0.005% に安定して下げることが可能で、操作、保守の点でもすぐれているが、

容量 100 トン以上についてはなお開発途上にある。

本報では取鍋における脱硫を対象とし、上吹 injection 法による脱硫をとりあげ、模型実験と 10 kg 溶銑実験の両者について、上吹 injection 法の各吹込条件における脱硫効果について検討をおこなった。

## 2. 模 型 実 験

液体の攪拌に気泡を利用する方法は化学工業の分野ではすでに古くからおこなわれているが、鉄鋼精錬においても取鍋内に気体を吹込み、その気泡による溶湯の攪拌力を溶湯と反応剤間の反応の促進、介在物の浮上分離の促進、溶湯成分および温度の均一化などに利用している。

気体吹込みによる脱硫反応 (溶銑-脱硫剤反応) の促進には取鍋内溶湯と脱硫剤の混合攪拌が重要な因子でありあらかじめ攪拌現象に対する気体吹込条件の影響を模型実験的に確かめておく必要がある。

## 2.1 実験方法

実験は 245 トン溶銑取鍋の 1/15 縮尺 (取鍋頂部内径 255 mm φ、底部内径 234 mm φ、高さ 248 mm) に相当する透明アクリル樹脂製の取鍋模型に、溶銑の粘性を考慮した 45% グリセリン溶液を入れ、各吹込条件のも

\* 昭和44年10月本会講演大会にて発表  
昭和45年3月21日受付

\*\* (株)神戸製鋼所 理博工博

\*\*\* (株)神戸製鋼所

とでの取鍋内における液流の観察, 脱硫剤の液面被覆状況の観察, 攪拌度の測定をおこなった。

ランスはガラスの細管を利用し, 窒素の吹込流量, ランス口径, 浸漬位置, 浸漬深さなどを変えて実験をおこなった。実験条件はつぎに示すとおりである。

- 窒素吹込流量.....0.5, 1.0, 1.5, 3.0 l/min
- ランス口径.....3, 8 mm φ
- 浸漬位置.....取鍋中心, 壁寄り
- ランス浸漬深さ...取鍋内液面高さを  $L$  として液面より  $1/4L, 2/4L, 3/4L$
- ランス角度.....垂直

実験は所定のランスを所定の場所にとりつけたのち, オリフィス流量計によつて流量を調節し, 吹込み開始後暫時, 時間をおいて取鍋内液流が定常状態になった時点で観察または測定をおこなった。それぞれの実験方法を つぎに示す。

2.1.1 取鍋内における液流の観察

溶銑の粘度 ( $1400^{\circ}\text{C} - 7.0 \text{ cp}$ ) にひとしくした 45% グリセリン溶液中に着色ポリウレタン・スポンジを小さく切つた浮遊体を懸濁(けんだく)させ, その流動状態を肉眼的に追跡することによつて液流を観察した。

2.1.2 脱硫滓の液面被覆状況の観察

溶湯の攪拌度とともに脱硫滓の湯面被覆状況は実際の

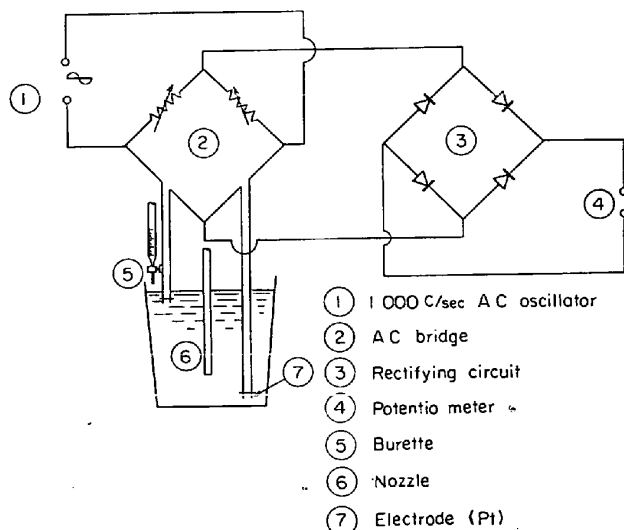


Fig. 1. Experimental apparatus for measurement of mixing velocity.

脱硫処理に関しては重要な因子となる。45%グリセリン溶液の液面に適当な比重差と流動性をもつ着色油(一種の機械油)を脱硫滓の代わりとしてある厚み(5 mm程度)でもつて層状に浮かせ, それぞれの攪拌条件での液面被覆状況を写真撮影によつて調べた。(脱硫滓モデルとして液体を使用した理由について, 本実験目的の各吹込条件下の脱硫滓の被覆状況の観察ならびに被覆面積の

		Ladle center			Ladle wall-side		
		1/4 L	2/4 L	3/4 L	1/4 L	2/4 L	3/4 L
3mmφ	Flow pattern						
	Dead zone						
8mmφ	Flow pattern						
	Dead zone						

⊙ Relatively faster flow, ⊙ Weak flow, /// dead zone

Fig. 2. Flow patterns of liquid solution by nitrogen bubbling (1.5 l/min).

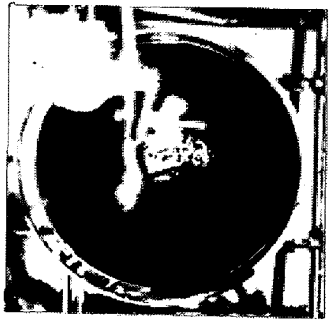

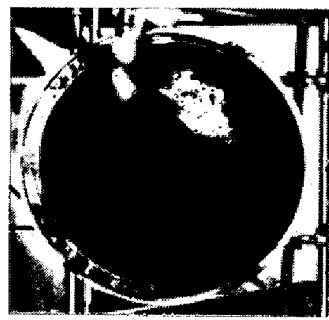
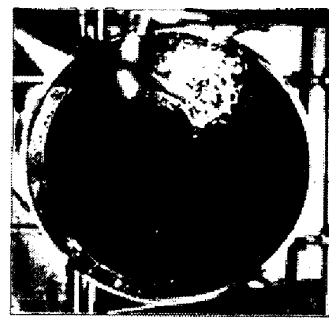


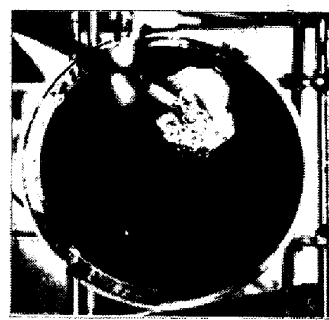
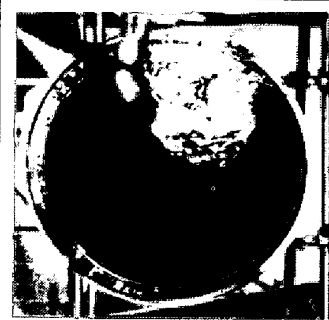

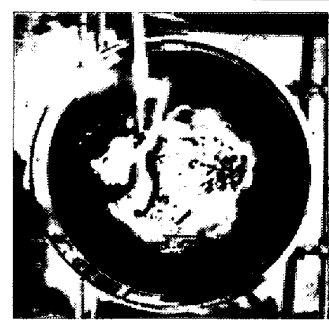


Immersion position of lance center	Flow rate of N <sub>2</sub> gas		Immersion position of lance wall-side		
	1.0 l/min	3.0 l/min	1.0 l/min	3.0 l/min	3.0 l/min
Immersion depth of lance	$\frac{1}{4}L$				
	$\frac{1}{2}L$				
	$\frac{3}{4}L$				

Photo. 1. Behavior of oil layer by N<sub>2</sub> gas blown in 45% glycerin at the surface of ladle model;

測定に対する相対的な比較の範囲内では液体と固体の両者に大きな差はないものと解釈して液体を使用した。）

2.1.3 取鍋内溶液の攪拌度の測定

溶液の攪拌度をあらわす代用尺度として本実験では溶液の混合均一化に必要な最少時間(混合時間)を用いた。混合時間とは第1成分である45%グリセリン溶液に第2成分を添加してから、模型取鍋内の溶液が均一に混合するまでに要する最少時間であると定義し、第2成分に電解質(10% kcl)を用いて取鍋内溶液の濃度差による電気伝導度の変化を調べることによつてその時間を測定した。測定装置を Fig. 1 に示す。測定装置は白金対電極、1000 c/sec 発振器、交流ブリッジ、整流回路、電位差測定装置およびペン書レコーダーから構成されている。

取鍋内に第1成分のみが存在する場合、交流ブリッジの対辺抵抗を調節して電流を最小にしておく。つぎに取鍋内に第2成分を添加すると対電極付近の液濃度に差が生ずるため交流ブリッジの平衡が破れて対電極の濃度差に対応する電位差が生ずる。この電位差を連続的に測定し、一定時間経過後対電極で検出される電気伝導度の差がなくなり、交流ブリッジがふたたび平衡になつた状態を取鍋内の溶液が均一になつた状態に対応するものとして、この時間をもつて混合時間とした。

対電極の取鍋内における設置場所は、それぞれの気体吹込条件での液流のクよどミクの場所を攪拌効果に対する dead zone とし、この位置が全体の溶液と均一になる時間をもつてその攪拌度を表わすようにした。したがつて対電極の第1極は第2成分滴下直下の点で、他の1極はあらかじめ液流の観察で調べた dead zone である。

2.2 実験結果

2.2.1 取鍋内における液流の観察

各吹込条件下における取鍋内の液流の観察結果を Fig. 2 に示す。観察結果によれば、取鍋内の液流の方向と強さに対しては、ランス浸漬深さの影響が比較的に明らかであるが、ランス口径、吹込位置、気体吹込流量などの条件について本実験の範囲内ではその差は認められなかった。ランス浸漬深さについては深くなるほど取鍋内の液動部分が取鍋底部の方向に拡大し、浸漬深さが 2/4L および 3/4L では取鍋内溶液の上層部 1/2 は比較的に強い流れを示すようになる。底部の 1/2 は比較的に弱い逆の流れを示しており、最底部付近では取鍋壁側から気泡上昇位置に向かう主流にさからつて弱い逆の流れが認められた。これに対し浸漬深さ 1/4L ではランス位置の 1/4L より上部では強い流れを示すが、それより底部側では比較的に流れが弱く、2/4L や 3/4L にくらべて取鍋内の液動部分が取鍋上部に限られるような傾向を示し

た。1/4L では最底部の逆流現象は認められなかつた。ただし、これらの流れの強さに対する表現は同一取鍋内、同一条件での相対的な比較であつて、各実験条件に共通するものではない。

2.2.2 脱硫滓の液面被覆状況の観察

油層(脱硫滓)の取鍋内液面における被覆状況を Photo. 1 に示し、写真撮影による被覆面積の測定結果を Fig. 3 および Fig. 4 に示す。被覆面積は取鍋液面を油層が全部覆つている状態を 100 とした面積率で表わした。

Fig. 3 および Fig. 4 の結果から、取鍋内へのランスの浸漬深さが深いほど、吹込気体流量が大きいほど被覆面積(脱硫滓-溶湯の湯面での見かけの接触面積)は小さくなる。ランス口径およびランス浸漬位置(取鍋中心、壁寄り)の差は本実験の範囲内では認められなかつた。

2.2.3 取鍋内溶液の攪拌度の測定

各実験条件下での取鍋溶液の攪拌度を混合時間として測定した結果を Fig. 5 および Fig. 6 に示す。これらの結果から、吹込み気体流量の少ない間はランスの浸漬

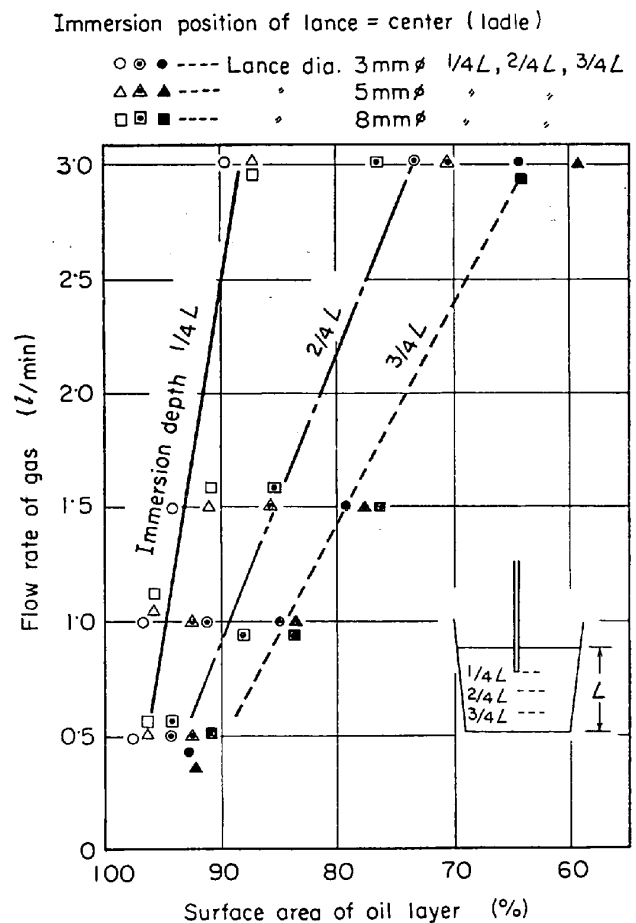


Fig. 3. Relations among the surface area of oil layer on the solution, the flow rate of gas, the lance diameter, and the immersion depth of lance.

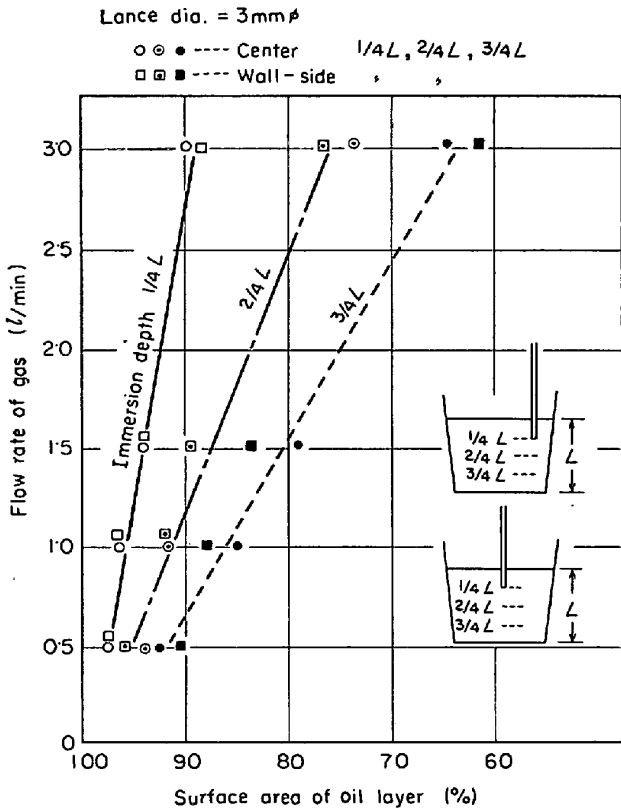


Fig. 4. Relations between the surface area of oil layer on the solution and the immersion position of lance.

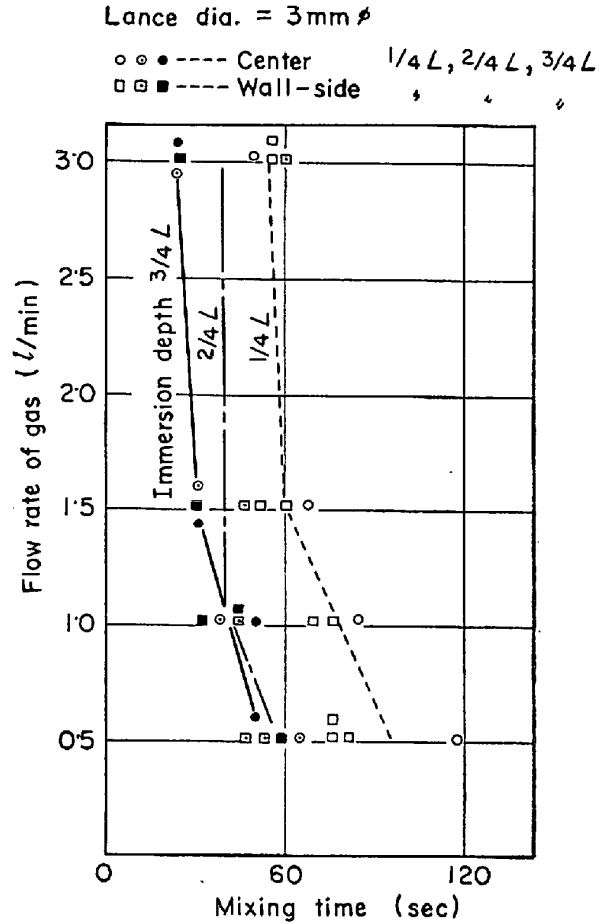


Fig. 6. Relations between the mixing time and the immersion position of lance.

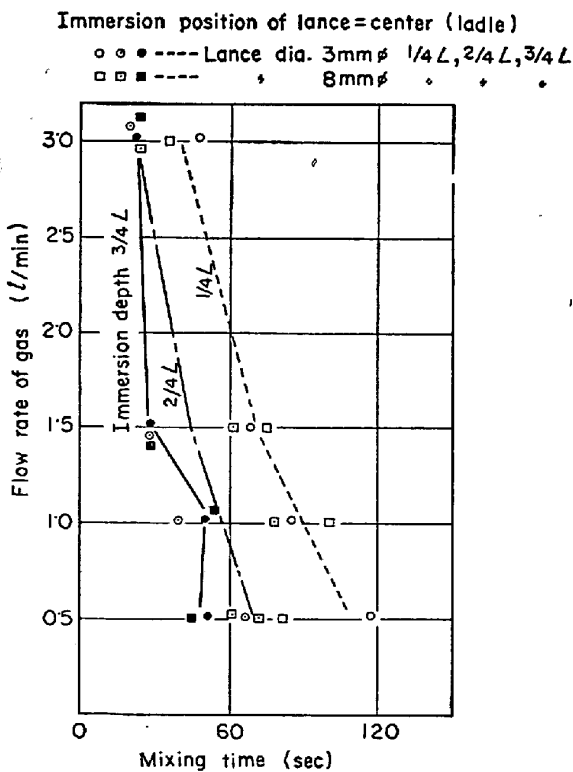


Fig. 5. Relations among the mixing time, the flow rate of gas, the lance diameter and the immersion depth of lance.

深さの差が明らかであり、浸漬深さが浅いほど攪拌度は小さいが、吹込気体流量が増すとともに浸漬深さの差は小さくなり、1.5 l/min 以上では 2/4 L と 3/4 L との差はほとんどなくなる。しかし 1/4 L と比較したときは明らかに差があり、1/4 L では 2/4 L や 3/4 L に比べて混合時間は長くなる。一方、ランス口径およびランス浸漬位置（取鍋中心、壁寄り）の差はほとんど認められない。すなわち攪拌度に対しては気体流量が一定のときはランス浸漬深さの影響もつとも大きく、本模型実験の結果では効果的な攪拌をおこなうためには、吹込気体の流量は 1.5 l/min 以上で、取鍋中心でランスの浸漬深さを 2/4 L 以上に深くすることが明らかになった。

2.3 まとめと考察

上吹 injection 法の気体吹込みによる取鍋内溶液の攪拌特性を模型実験的に調べた結果について、まとめと考察をおこなうとつぎのとおりである。

1) 気体吹込みによる取鍋内液流の観察

浸漬ランス先端からの気泡の上昇にともなう溶液の上

昇流、取鍋壁から気泡発生位置へ向かう溶液の循環流の範囲および液流の強さはおもにランス浸漬位置と吹込気体流量によつて影響をうける。吹込気体流量が一定のときランス浸漬深さが深いほど循環流の範囲が大きく、ランス位置が一定のときは吹込気体流量が多いほど強い流れの部分が広がる。すなわちランス浸漬深さが  $1/4L$  であれば強い循環流は取鍋の比較的上部に限られ、底部に流れの「よどむ」範囲 (dead zone) ができる。ランス位置をさらに深くして  $2/4L$ ,  $3/4L$  にすると、底部の「よどみ」の部分はほとんどなくなる。ランス口径およびランス位置の液流におよぼす影響は小さいが、ランス位置 (取鍋中心、壁寄り) がかわれば「よどみ」の発生位置に差ができる。ランス位置が壁寄りの場合ランス位置と反対側の取鍋表面の隅角部に「よどみ」を発生する。これは、ランス位置が取鍋の中心にある場合はランスを中心として周囲の環流の強さがほぼ同じであるが、ランスが壁側に寄つた場合は環流強さが対称的でないため、ランス側の壁ぎわの強い流れに対し、反対側の壁側では流れの強さが相対的に弱まるためである。しかしランス浸漬深さを  $3/4L$  にすればこの現象はなくなる。

2) 脱硫滓の取鍋内液面被覆状況におよぼす気体吹込みの影響

取鍋内油層 (脱硫滓) の液面被覆状況におよぼす気体吹込みの影響は攪拌効果への影響と相反しており、ランス浸漬深さが深いほど、吹込気体流量が多くなるほど液面とのみかけの接触面積は小さくなる。injection 法の場合このような接触面積の変化が総合的な脱硫効果へ影響をおよぼすことは推定できる。

3) 溶液の攪拌度におよぼす気体吹込みの影響

溶液の攪拌度を混合時間で比較すると攪拌にもつとも大きく影響しているのはランス浸漬深さと吹込気体流量である。気体流量が一定のときランス浸漬深さが深くなるほど混合時間は短く攪拌効果が大きくなる。浸漬深さ  $2/4L$  と  $3/4L$  との攪拌効果の差は小さいが  $1/4L$  とは明らかに差が認められた。また、ランス浸漬深さ一定のとき気体流量の増加にしたがつて混合時間は短くなり、したがつて攪拌度は大きくなるが  $1.5\text{ l/min}$  以上になると攪拌効果への寄与は小さくなる。攪拌効果に対するランス口径およびランス位置 (中心、壁寄り) の影響は本実験の範囲内では差を認めなかつた。

以上、気体吹込みにより溶液の攪拌をおこなう場合、溶液の密度と粘度が一定の条件下では、その攪拌効果に影響するのは気体流量、ランス口径、取鍋内におけるランスの浸漬位置と浸漬深さなどの因子であり、さらに具体的にはランス先端での気泡の発生頻度、気泡の大きさ

などである。これらの気泡の溶液中での運動状態としてはそのときの条件によつて (1) 単独気泡とほとんど同様な形状をとる範囲、(2) 気泡発生の時間間隔が小となつて一見気泡群が液中に連続的に上昇する範囲、(3) 気体噴出口より発生した気泡が分裂して混乱状態をなして上昇する範囲に大別できる。

上昇気泡を攪拌に対する駆動力とすると、(1) の運動範囲では単独気泡の大きいほど、また発生時間間隔が短いほどその効果が大きくなるものと考えられるが、(2) の範囲に入れば気泡の大きさよりも吹込流量による駆動力への影響のほうが大きくなるはずである。模型実験においてランス口径 (発生時の気泡径に影響) よりも流量による攪拌効果の影響が大きいのは前記 (1) の運動範囲よりもむしろ (2) に近い範囲にあるためであり、スプラッシュ防止の点から (3) は除外されるので、おそらく実際の溶銑においても模型実験と同じように溶液の攪拌は気泡の大きさよりも流量に依存すると考えて大きなまちがいはなさそうである。そこで、上吹 injection 法について模型実験の結果から結論すれば、攪拌効果からはランス位置は取鍋中心、ランス浸漬深さは  $2/4L$  以上の深さが必要となり、吹込気体流量は脱硫剤の浮上過程と浮上後の反応割合、脱硫剤の添加量によつて最適の範囲をとるべきである。たとえば脱硫反応がランス先端から湯面までの浮上過程でおもにおこるとすればランス浸漬深さを  $3/4L$  程度に深くして流量を増して短時間に脱硫効果を挙げるべきであり、もし浮上後の湯面の脱硫滓界面での反応が主とすれば、湯面脱硫滓の被覆面積と攪拌効果との関連において流量を設定する必要がある。

### 3. 10kg 溶銑の脱硫実験

模型実験の結果を参考にして、溶銑による脱硫実験をおこなつた。

#### 3.1 実験方法

実験装置は Fig. 7 に示すとおりであり、取鍋にかわる炭素ルツボ (A) をルツボの予熱と受銑後の溶湯の保熱を目的としたニクロム抵抗炉 (B) 内に保持し、脱硫剤吹込装置 (D) から表面カロライジング処理をしたランス (C) をとおして、窒素をキャリアーとして、ルツボ内の溶銑に脱硫剤を吹込む。

溶銑は 100KVA 高周波誘導溶解炉で実験温度より高目の温度に保持しておき、炉前に設置した Fig. 7 の実験装置にあらかじめ 2~3 回移注することによつてルツボと炉体をさらに高温に予熱しておく。じゅうぶん予熱後実験用の 10 kg の溶銑を炭素ルツボの所定の深さまで移注、Pt-Pt-Rh 熱電対で測温、所定温度になつた時点

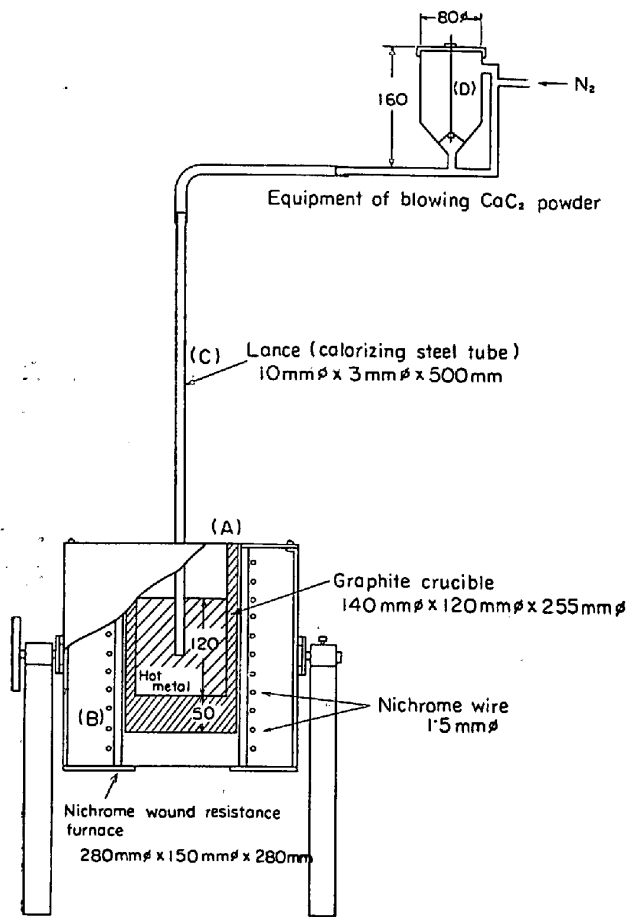


Fig. 7. Experimental apparatus.

Table 1. Chemical composition of calcium carbide.

CaC <sub>2</sub>	CaO	Free C	SiO <sub>2</sub>	Other
77%	15%	1%	3%	4%

Table 2. Chemical composition of hot metal (%).

C	Si	Mn	P	S
4.10~4.40	0.25~0.35	0.70	0.160	0.048 ~0.052

で脱硫剤の吹込みを開始する。

脱硫剤は炭化カルシウム (CaC<sub>2</sub>) を使用し、溶銑は製鋼用銑を使用した。炭化カルシウムおよび製鋼用銑の平均的な化学成分組成をそれぞれ Table 1 および Table 2 に示す。

なお、脱硫剤を窒素とともに吹込む injection 法の比較実験として、脱硫剤をランスを通さずあらかじめ所定量を湯面に添加し、ランスによる窒素の吹込みは溶銑の攪拌のみを目的とした bubbling 法についても実験した。実験中の試料採取はいずれも吹込開始後 1 min 間隔

で石英管吸上法によつてルツボの底部から採取した。

実験条件はつぎに示すとおりである。

実験条件を一定にしたもの：

- 溶銑量……………10 kg (ただしルツボ内浴深さ (L) と湯面径 (D) の比 L/D が 0.5 と 1.3 のときは 5 kg と 13 kg)
- ランス位置…ルツボ (取鍋) 中心
- ランス口径…3 mm φ
- 脱硫剤……………CaC<sub>2</sub>
- 脱硫剤粒度…-50 ヲッシュ
- 窒素流量……………8 l/min

窒素流量の設定は実作業の場合鉄分損失と処理時間によつて決まる。すなわち、溶銑の飛散損失を生じないで脱硫剤を所定時間内 (5~10 min) に容易に搬送しうる窒素流量が必要である。10 kg 溶銑実験では予備試験の結果上記の適正流量として 8 l/min を使用した。

実験条件を変えたもの：

- 脱硫剤添加方法……………injection 法, bubbling 法
- 脱硫開始温度……………1 300°C, 1 400°C
- ルツボ内溶銑の L/D…0.5, 1.0, 1.3 (D を一定に, L を変化)
- ランス浸漬深さ……………1/4 L, 2/4 L, 3/4 L (溶銑深さを L)
- 脱硫剤添加量……………0.3%, 0.5%, 1.0%/hot metal

### 3.2 実験結果

#### 3.2.1 溶銑の脱硫効果におよぼすランス浸漬深さ、脱硫剤添加方法、添加量の影響

溶銑の脱硫効果について、ランス浸漬深さ、脱硫剤添加方法、添加量の相互関係を調べた結果を Fig. 8 および Table 3 に示す。

これらの結果から、脱硫効果にもつとも大きく影響を与えているのは injection 法, bubbling 法ともにランスの浸漬深さであり、深くなるほど脱硫効果は大きくなる。とくに脱硫剤を吹込む injection 法ではその影響が大きい。injection 法と bubbling 法の脱硫効果の比較はランス浸漬深さのもつとも浅い 1/4 L を除いて、2/4 L や 3/4 L では injection 法のほうがはるかにすぐれている。脱硫剤の添加量の影響は中間深さの 2/4 L では明らかに 0.5% より 1.0% 添加のほうが効果が大きい。1/4 L や 3/4 L ではその差はほとんど認められない。一方、脱硫剤効率に対する CaC<sub>2</sub> 添加量の影響は Fig. 9 に示すとおりであり、1.0% 添加では 2/4 L 以上の深さではランス浸漬深さがそれ以上深くなつてもその効率はあまり変わらないが、0.5% 添加では 1.0% 添加のときとは逆に 1/4 L と 2/4 L ではその効率に大きな差がない

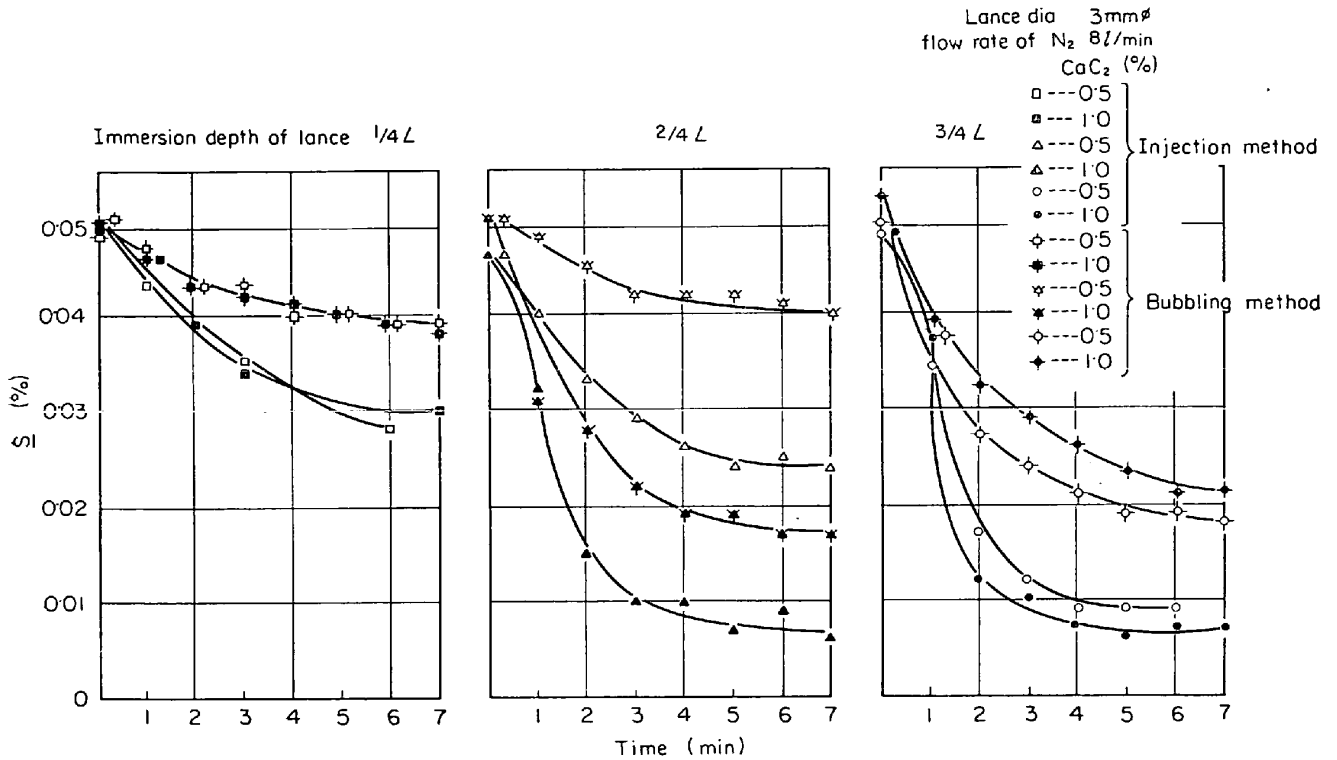


Fig. 8. Time curves of desulphurization with  $\text{CaC}_2$  injected.

Table 3. Results of desulphurization of 10kg hot metal (1).

$L/D : 1$ , Lance dia. : 3 mm  $\phi$ , Flow rate of  $\text{N}_2$  : 8 l/min,  
Desulphurizing time : 7 min,  $\text{CaC}_2$  size : -50mesh

No	[% S ]		$\text{CaC}_2$ consumption	Degree of desulphurization	Degree of utilization of $\text{CaC}_2$ *	Injection time of $\text{CaC}_2$	Immersion depth of lance	Pig iron temperature	
	Before	After						Before	After
1	0.050	0.028 (6 min)	50 g (0.5%)	44%	11.4%	3.0 min	1/4 L	1 400	1 180
2	0.050	0.030	100 g (1.0%)	40	5.7	5.0	1/4 L	1 395	1 250
3	0.046	0.024	50	48	11.4	3.1	2/4 L	1 390	1 110
4	0.046	0.006	100	87	10.4	2.8	2/4 L	1 400	1 140
5	0.048	0.009 (6 min)	50	81	20.3	2.5	3/4 L	1 370	1 120
6	0.048	0.007	100	85	10.7	3.3	3/4 L	1 400	1 160
7	0.048	0.039	50	19	4.7	(add in the lump)	1/4 L	1 375	1 180
8	0.049	0.038	100	22	2.3	( " )	1/4 L	1 400	1 185
9	0.050	0.040	50	20	5.2	( " )	2/4 L	1 380	1 195
10	0.050	0.017	100	66	8.6	( " )	2/4 L	1 400	1 230
11	0.049	0.018	50	63	16.1	( " )	3/4 L	1 365	1 190
12	0.052	0.021	100	60	8.1	( " )	3/4 L	1 390	1 150

No 1~6 Injection method, No 7~12 Bubbling method

\* The term "degree of utilization of  $\text{CaC}_2$ " was calculated on a stoichiometric basis assuming the reaction  $\text{CaC}_2 + \text{S} = \text{CaS} + 2\text{C}$  and allowing for  $\text{CaC}_2$  of 77% purity.

にもかかわらず、3/4 L まで深く浸漬することによつて急激に効率がよくなる。

3.2.2 injection 法の脱硫効果におよぼす  $L/D$ , 処理温度および脱硫剤添加量の影響

3.2.1 の実験でランス浸漬深さの影響が明らかになつたので、injection 法を対象にランスの浸漬深さを 3/4 L

に一定にし、ルツボ(取鍋)内浴深さと湯面径の比 ( $L/D$ ), 処理温度,  $\text{CaC}_2$  添加量の各影響について調べた結果を Fig. 10~Fig. 12 および Table 4 に示す。

これらの結果から吹込みが同一条件下でおこなわれるとき、脱硫効果に対する溶銑  $L/D$  の影響は  $L/D$  が 1.0, 1.3 にくらべて 0.5 のときがもつとも悪く、ラン



Table 4. Results of desulphurization (2).  
 Lance dia : 3 mm  $\phi$ ,  $\text{CaC}_2$  size  $\cdot\cdot$  -50mesh, Flow rate of  $\text{N}_2$  : 8 l/min  
 Immersion depth of lance :  $3/4 L$ , Desulphurizing time : 7 min

No	[% S]		L/D	Hot metal weight	$\text{CaC}_2$ consumption	Degree of desulphurization	Degree of utilization of $\text{CaC}_2^*$	Injection time of $\text{CaC}_2$	Pig iron temperature	
	Before	After							Before	After
13	0.054	0.039	1.0	10 kg	0.3%	28%	11.7%	3.5 min	1400°C	1180°C
14	0.054	0.037	1.0	10	0.5	31	8.8	4.5	1300	1160
15	0.054	0.006	1.0	10	1.0	89	12.5	4.0	1300	1158
16	0.048	0.030	0.5	5	0.5	37	10.7	2.5	1400	1160
17	0.051	0.024	0.5	5	1.0	53	7.0	3.0	1400	1165
18	0.048	0.026	1.3	13	0.5	46	11.4	4.5	1400	1200
19	0.052	0.006	1.3	13	1.0	88	12.2	5.0	1400	1220

\* The term "degree of utilization of  $\text{CaC}_2$ " was calculated on a stoichiometric basis assuming the reaction  $\text{CaC}_2 + \text{S} = \text{CaS} + 2\text{C}$  and allowing for  $\text{CaC}_2$  of 77% purity.

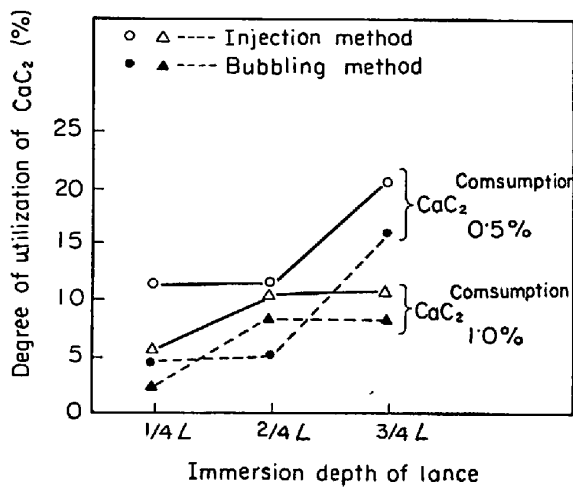


Fig. 9. Relations between the immersion depth of lance and the degree of utilization of  $\text{CaC}_2$ .

ス浸漬深さが  $3/4 L$  でも湯面径にくらべて浴深の小さいときは脱硫効果の小さいことを示している。

溶銑における脱硫開始温度の影響は温度が高いほど脱硫反応が進みやすい傾向を示しているが、 $1300^\circ\text{C}$  でも  $\text{CaC}_2$  添加量が多い1%のときは  $1400^\circ\text{C}$  と差がない脱硫効果を示すことが認められた。

$\text{CaC}_2$  添加量の影響は  $3/4 L$  のようにランス深さの深い位置で吹込みをおこなっても添加量が0.3%のように少ないときはその効果は小さく、0.5%以上の添加量が必要であることがわかる。

### 3.3 まとめと考察

あらかじめ、模型実験で溶液の攪拌に対する気体吹込条件の影響を確かめた結果にもとづいて実験条件を設定し、溶銑を対象としたときの脱硫効果とその対応を調べた結果、溶銑の攪拌に対する効果は模型実験の結果とよく対応することがわかった。

injection 法 (気体+脱硫剤同時吹込法), bubbling 法

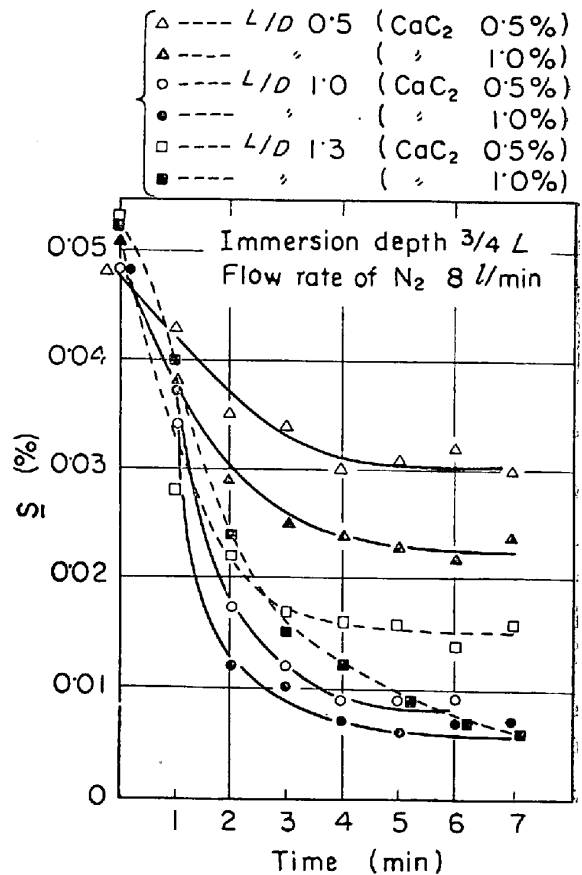


Fig. 10. Effects of L/D on the relations between time and  $\underline{S}$  (%).

(脱硫剤一時添加, 吹込気体による攪拌法) の両法とも脱硫剤添加量を一定としたとき, その脱硫効果に大きく影響を与えるのはランス浸漬深さであり,  $L/D$  が 1.0 以上のとき  $2/4 L$  以上の深い位置で気体吹込みをおこなえば脱硫効果が大きくなることが明らかになった。

bubbling 法と injection 法とでは injection 法のほうが脱硫効果が大きい, これはランス先端から湯面までの浮上過程での脱硫効果の大きいことを示している。—

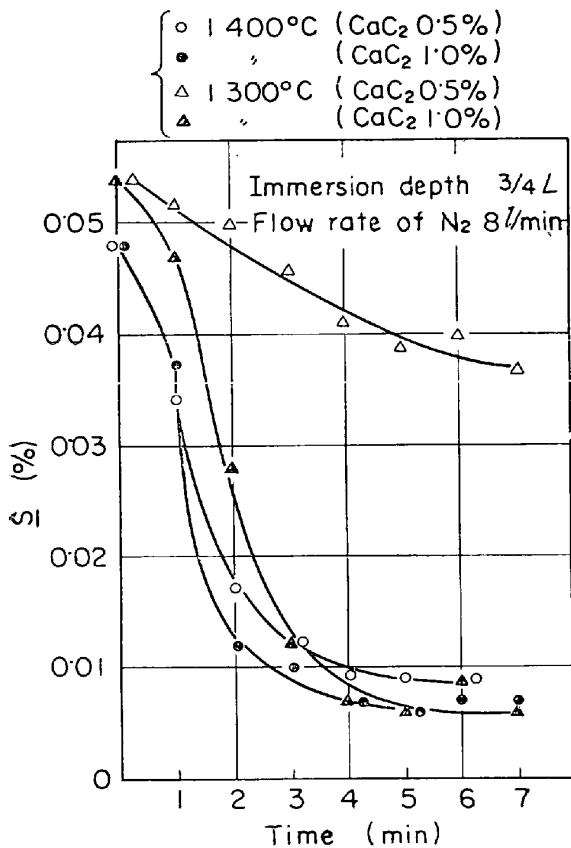


Fig. 11. Effects of temperature of hot metal on the relations between time and  $\underline{S}$  (%).

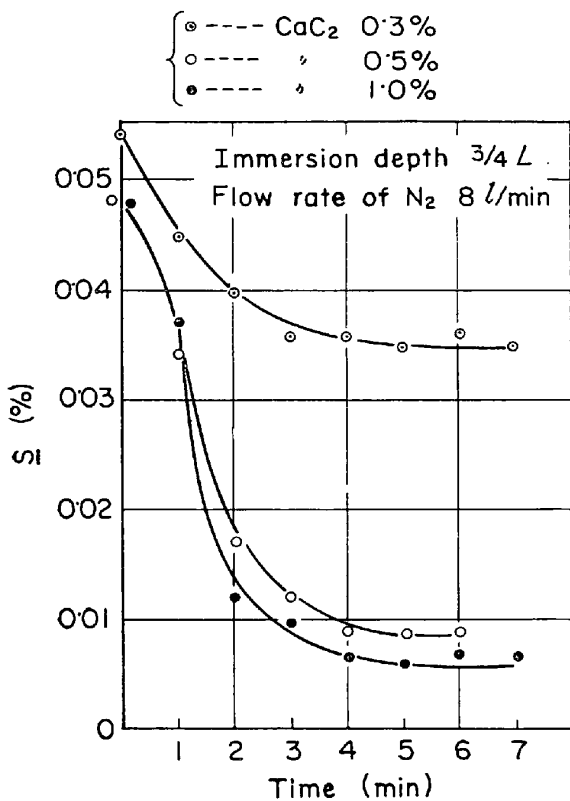


Fig. 12. Effects of  $\text{CaC}_2$  consumption on the relations between time and  $\underline{S}$  (%).

般に溶鉄の脱硫反応は脱硫剤が  $\text{CaC}_2$  のとき、固相の  $\text{CaC}_2$  と液相の溶湯との接触面積によっても決まるが、bubbling 法の場合は主として湯面での脱硫滓の被覆面積に支配され、injection 法にくらべて見かけの接触面積は小さくなる。したがって同一添加量に対する脱硫剤効率も後者のほうが高い。

bubbling 法では湯面で粒子が焼結して塊状になりやすいため、溶鉄との接触面積は injection 法にくらべて小さくなる。

injection 法の場合浮上過程における脱硫反応が効果的であるとすれば、当然  $L/D$  の影響を受け、ランスの浸漬深さが  $3/4L$  でもランス先端から湯面までの距離が小さい  $L/D=0.5$  では  $1.0$  および  $1.3$  にくらべてその脱硫効果は小さい。

すなわち  $\text{CaC}_2$  の脱硫効果は溶湯内における  $\text{CaC}_2$  の分散状態とそれともなう接触界面の増加によつて効果的であり、浴のできるだけ深い位置で溶湯中に分散させ浮上までの時間を長く保つような状態で有効接触界面の増加を計る必要がある。したがって単位溶湯あたりの脱硫剤添加量が一定であれば当然のことながら  $L/D$  の大きい浴形状が有利になる。 $\text{CaC}_2$  による溶鉄の脱硫反応の律速過程が溶鉄側の境界膜における  $S$  の拡散ともいわれており、温度に依存するので溶鉄での処理温度が高いほど前記処理条件に加えてさらに脱硫効果を大きくする。

#### 4. 結 言

取鍋における溶鉄の脱硫処理を目的として、上吹法について模型実験での気体吹込みによる攪拌現象の調査、ひきつづいてその結果にもとづく溶鉄での脱硫効果への対応について実験をおこなつた。

その結果をまとめると、つぎのようになる。

1) 模型実験によると、攪拌効果に対してはランスを浴の深さの  $1/2$  より深く浸漬する必要があり、ランス位置 (取鍋中心、壁寄り) の差はない。

2) 模型実験の結果にもとづいて溶鉄実験をおこなつた結果、両者の結果はよく対応した。たとえばランスの浸漬深さの効果はそのまま溶鉄の脱硫効果にあらわれた。

3) 上吹 injection 法はランスの浸漬深さを取鍋溶湯の  $1/2$  深さより深く浸漬することにより、単位溶湯あたりの脱硫効率がすぐれており、脱硫効果も大きい。

なお、本実験結果による大型化への適用については現在検討中であるが、本法における取鍋の  $L/D$  およびランスの浸漬深さの影響はスケールアップしてもそのまま

拡大適用できるものと考えている。また本実験での湯面径に対するランス径の比(40/1)がスケールアップでの脱硫効果に対する1つのチェックポイントであるが、模型実験の結果によれば攪拌にはランスの口径よりも吹込気体流量の影響の大きいことが明らかにされており、大型化によつて湯面径/ランス口径比が増加しても気体流量は容易に調整できるので本実験結果のスケールアップには問題は少ないと考えられる。実験結果の大型化への適用についてはつぎの機会にゆずりたい。

#### 文 献

- 1) S. EKETORP and B. KALLING: *Giesserei*, 46 (1959) 23, p. 905
- 2) 若林一男, 外園章, 黒岩康, 八木次郎: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1797
- 3) 大黒竹司, 友松秀夫, 飯浜宇一郎, 林登, 自在丸二郎, 矢倉林之助: 鉄と鋼, 52(1966)11, p. 120
- 4) J. E. ÖSTBERG: *Giesserei*, 53 (1966) 2, p. 816
- 5) H. P. SCHULZ, J. MANDEL, and K. D. HAVERKAMP: *Stahl u. Eisen*, 88 (1968) 7, p. 321
- 6) E. J. WHITTENBERGGER, A. J. DEACON, and L. C. HYMES: *Blast Furn. Steel Pl.*, 44 (1956) 6,

p. 664, 747

- 7) H. POHL and W. MASCHLANKA: *Stahl u. Eisen*, 87 (1967) 4, p. 190
- 8) 渡辺司郎, 小久保一郎, 杉原弘祥, 齊藤太朗: 鉄と鋼, 54 (1968) 10, S 448
- 9) 小口征男, 南参, 大井浩: 鉄と鋼, 55(1969) 3, S 158

#### 討 論

【質問】 日本鋼管 石黒守幸  
CaC<sub>2</sub> の粒度はどれくらいか

【回答】

脱硫剤吹込装置によつて内径 3 mm φ のランスを用いて溶銑中への吹込みがスムーズにおこなえる粒度を種々検討した結果 50 メッシュ以下の粒度が最適であつたのでこの粒度のものを使用した。

【質問】 川鉄千葉 上田典弘

溶銑実験での反応容器直径とランス口径はいくらか?

【回答】

反応容器 外径 140 mm φ  
(炭素ルツボ) 内径 120, 深さ 205  
ランス口径 内径 3 mm φ, 外径 10 mm φ  
(表面カロライジング処理した鋼管)  
図面参照 (Fig. 7)