

RH 粉体上吹法による極低硫鋼溶製技術の開発

Development of Technology for Producing Ultra Low Sulphur Steel by RH Powder Top Blowing Method

岡野博義/Hiroyoshi Okano・和歌山製鉄所 製鋼部 製鋼技術室

田尻裕造/Yuzo Tajiri・和歌山製鉄所 製鋼部 製鋼技術室 参事補

佐藤光信/Mitsunobu Sato・和歌山製鉄所 製鋼部 部長

深川 信/Shin Fukagawa・総合技術研究所 銑鋼プロジェクト推進部 主任研究員 Ph.D

真目 薫/Kaoru Shinme・環境・エネルギー研究センタ 主席研究員 博士

要 約

高級電磁鋼板等の極低硫鋼製造における極低硫化、極低窒素化およびプロセス簡略化を目的に、和歌山製鉄所 160 tRHにて RH-PB法の開発試験を実施した。本法は、RH真空槽上部より、垂直に挿入した水冷ランスを用いて粉体を上吹きする精錬法であり、当社で開発したVOD-PB法を基に開発された精錬法である。

RH脱ガス装置に新しい精錬機能、すなわち溶鋼脱硫機能が付加され、真空下での溶鋼脱硫が可能となるため、空気汚染(窒素アップ)の防止が期待できる。

1996年には、当所 160 tRHにて本技術の本格設備が稼働し、RH単一プロセスで[S] 5 ppm以下の極低硫化ならびに[N] 15 ppm以下の低窒素化とともに、プロセス簡略化が可能となり、生産性向上および熱ロス低減に効果を上げている。

Synopsis

In order to obtain ultra low sulphur and nitrogen steel for producing high grade electric magnetic steel, the RH-PB (Powder Top Blowing) method was developed for use in the 160t RH degasser in Wakayama steel works.

In this method, the pulverized desulphurizer is blown into molten steel from a top-blowing lance with an argon gas carrier under reduced pressure in the RH treatment.

Installation of the new desulphurizing function in the RH treatment under reduced pressure aims to prevent contamination from air.

Since 1996, this method has been under commercial operation in the 160t RH in Wakayama steel works and such low [S] and [N] figures of less than 5 and 15 ppm have been obtained.

Further, high productivity and reduction of heat loss were obtained due to the simplification of the process.

1. 緒 言

近年、鋼の高付加価値化、高品質化に伴い、高純度鋼溶製の要求が増加する傾向にある。

高級電磁鋼板等の極低硫鋼では、従来、取鍋内において、フラックスインジェクション法のような溶鋼脱硫法が実施されてきた。しかし、工程の複雑化によるコスト、生産性の悪化はもちろん、品質面でも、窒素ピックアップ等の問題があり、改善が望まれていた。

これら問題点の解決を目的に、当社ではRH真空脱ガス設備に新しく溶鋼脱硫機能を付与する「RH 粉体上吹き脱硫法(以下 RH-PB)」の開発試験を実施し、当技術の有効性を確認した。

そこで、和歌山製鉄所 160 tRH へ本技術を適用した結果、RH 単一プロセスで[S] 5 ppm 以下の極低硫化、ならびに[N] 15 ppm 以下の低窒素化とともに、多大なプロセス改善効果が得られた。

2. 電磁鋼板の特徴

今回 RH-PB 法を適用した高級電磁鋼板の化学成分目標値を第1表に示す。トランスおよびモーター等の材料として使用される高級電磁鋼板は、鉄損値および磁束密度といった成品特性を満足するため、極低硫化、極低窒素化および極低碳化が要求される。

第1表 電磁鋼板の化学成分表(wt%)

Table 1 Chemical composition of electric magnetic steel

C	Si	S	N	Sol.Al	S+N
≤.0024	2.6 ~2.9	≤.0010	≤.0025	1.05 ~1.20	≤.0030

3. RH-PB 法の概要

3-1 RH-PB 法の特徴

近年, RH に脱硫機能を付与する方法として, 羽口やインジェクションランスより, 脱硫剤を吹き込む方法が開発されている^{1)~6)}.

本法は, RH 真空槽上部より, 垂直に挿入した水冷ランスを用いて粉体を上吹きする精錬法であり, 当社で開発し

た VOD-PB 法^{7)~10)}を基に開発した精錬法である^{11),12)}.

粉体上吹きにより, 従来の RH 真空脱ガス法では成し得なかった新しい精錬機能, すなわち溶鋼脱硫を可能とするとともに, 脱窒速度の向上が期待できる.

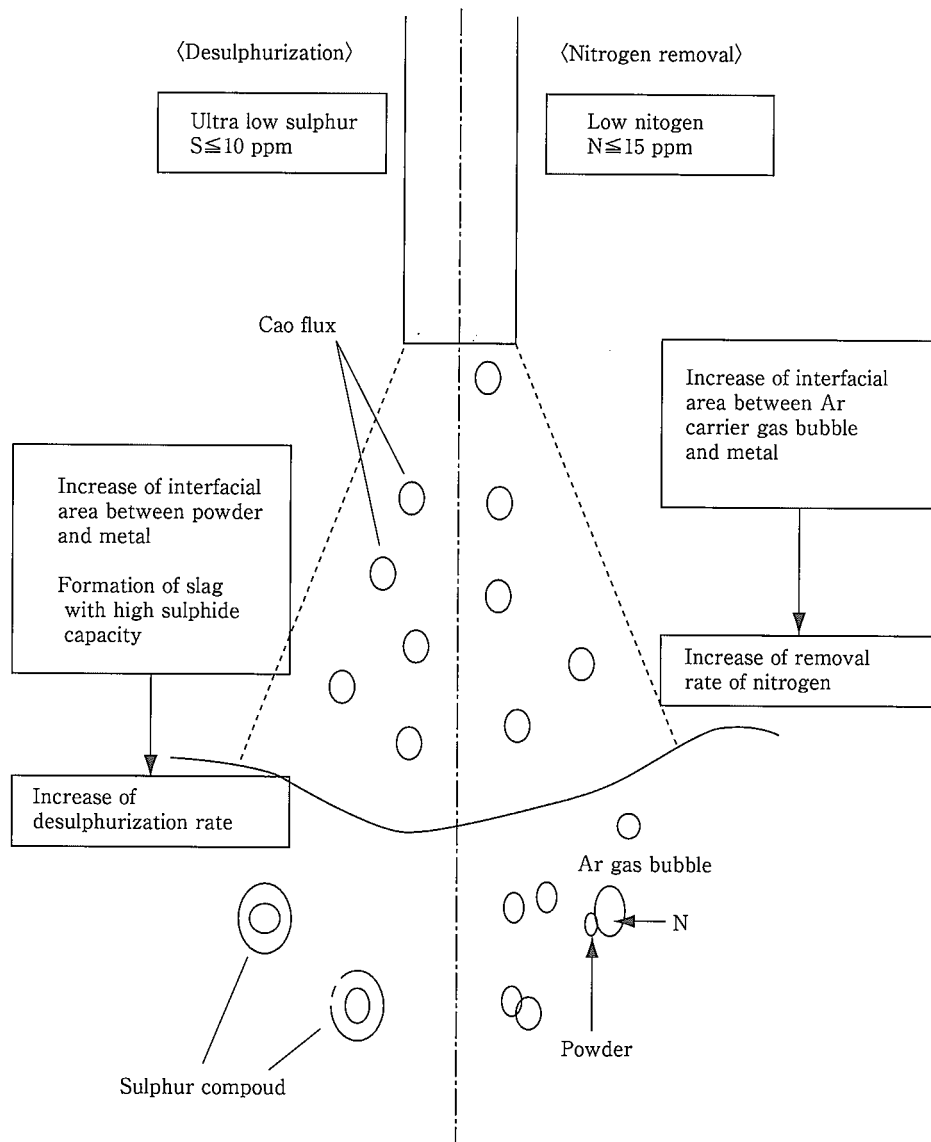
また, 他の RH 脱硫法と比較して以下の特長を有する.

- (1)ランスの閉塞, 損耗等の問題なく安定吹込が可能である.
- (2)溶鋼浸漬ランスと異なるため, 消耗資材コストを削減できる.
- (3)溶鋼中に羽口を浸漬しないため, 非上吹き中の羽口冷却用, および閉塞防止用のガス原単位を削減できる.

3-2 反応機構の概念と高純度化の目標

第1図に反応機構の概念と高純度化目標を示した.

脱硫には, 生石灰系脱硫剤を使用した.



第1図 反応機構の概念図

Fig.1 Concept of reaction mechanism

上吹きした粉体は溶鋼中に分散し、粉体-溶鋼間の反応界面積の増大とともに、サルファイドキャパシティーの高いスラグの形成により、大きな脱硫速度が得られる。

一方、粉体に付随して侵入する Ar 気泡により、ガス-メタル界面積、すなわち脱窒界面積が増加する。また、粉体吹込により、粉体中の CaO が、溶鋼中に懸濁している Al_2O_3 と融合し、 Al_2O_3 活量低下による溶鋼酸素濃度の低下、および硫黄濃度の低下が得られる。すなわち、ガス-メタル界面における界面活性元素(酸素、硫黄)の低下により、脱窒速度が増加するメリットも有する。

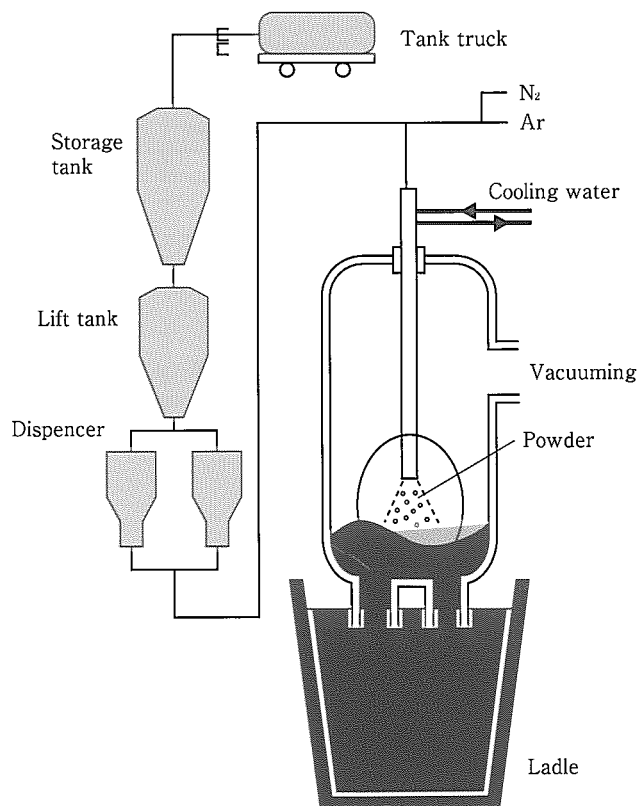
このような新しい機能を利用して、RH 単一プロセスで [S] 10 ppm 以下の極低硫化、ならびに [N] 15 ppm 以下の低窒素化を目標とした。

4. 設備仕様

第 2 図に RH 粉体上吹き設備の設備概要を、第 2 表に RH 設備の主仕様を示した。

本設備は RH 真空槽上部から垂直に挿入した水冷ランスより、脱硫剤を上吹きすることを特徴とする。

設備は、粉体搬送ライン、および水冷ランスから構成されている。



第 2 図 RH 粉体上吹き設備

Fig.2 Schematic view of RH Powder Top Blowing (RH-PB)

第 2 表 RH 設備仕様

Table 2 Specification of RH degasser

Heat size	160 t
Exhaust capacity	1 000 kg/h (at 0.6 torr)
Snorkel diameter	450 mm
Circulation gas	Max 2 500 Nl/min

5. 操業条件

5-1 粉体吹込条件

第 3 表に粉体吹込条件を示した。脱硫剤は、反応界面積増大のため微粉サイズ(≦100 メッシュ)の CaO 系フラックスを使用している。

また、ランス-湯面間距離および操業真空度は、下記のポイントを考慮して設定した。

- (1)粉体の溶鋼への着地効率の向上
- (2)ランスへの地金付着による操業阻害の抑制

第 3 表 粉体上吹操業条件

Table 3 Condition of powder blowing

Material	CaO-CaF ₂
Size	- 100 mesh
Blowing rate	100~130 kg/min
Lance height	2~3 m
Ambient pressure	1~2 torr

5-2 プロセス

第 3 図に高級電磁鋼板の精錬プロセスを示した。

従来のプロセスは、転炉出鋼後、取鍋内インジェクション脱 S を実施し除滓した後、RH にて脱 C・脱 N を行っていた。このプロセスでは、複数の処理を経るため、精錬コスト・生産性の悪化、また大気下での脱硫処理に伴う窒素ピックアップ等の品質問題が課題であった。

一方、RH に新しく脱硫脱窒機能を付与する RH-PB 法は、

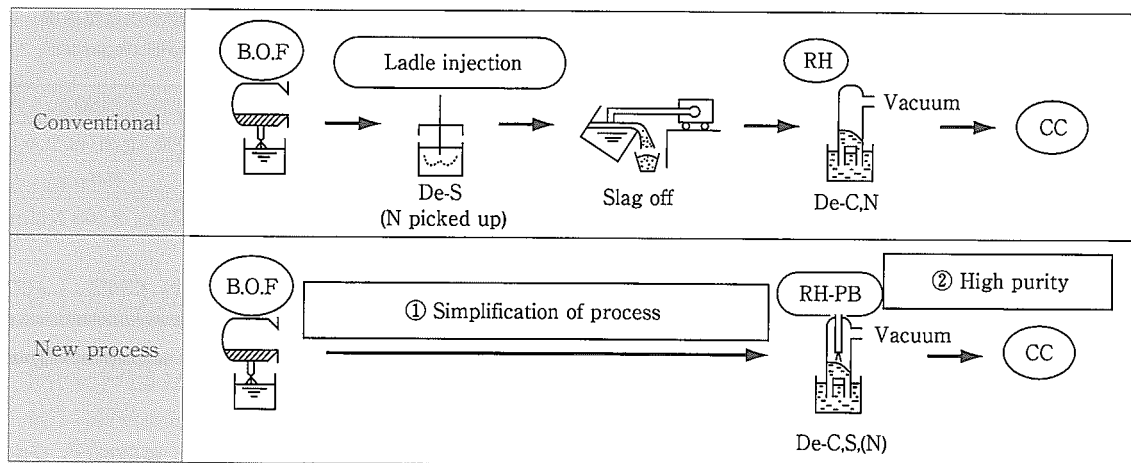
- (1)工程簡略(RH 単一処理)化
 - (2)真空中脱硫脱窒処理による高純度・高品質化
- により、上記課題の解決を図るものである。

6. 結果および考察

6-1 [S] [N] 推移

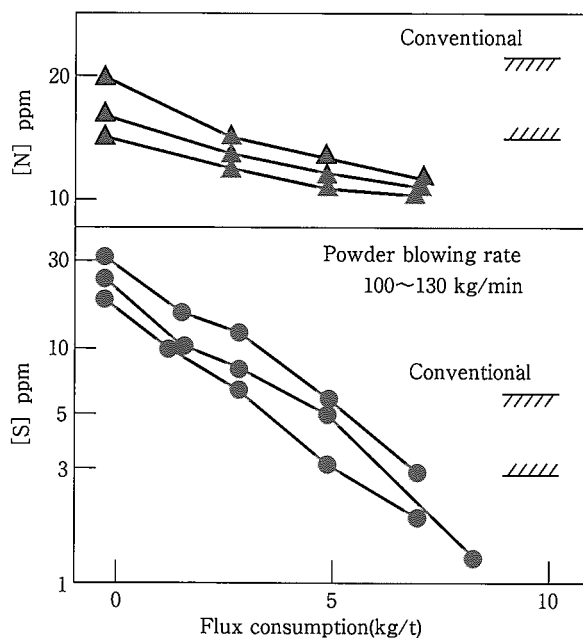
第 4 図に粉体上吹き時の S、N 推移を示した。

実操業において、N 15 ppm の低窒素化を確保しながら、S 5 ppm 以下を達成することができた。



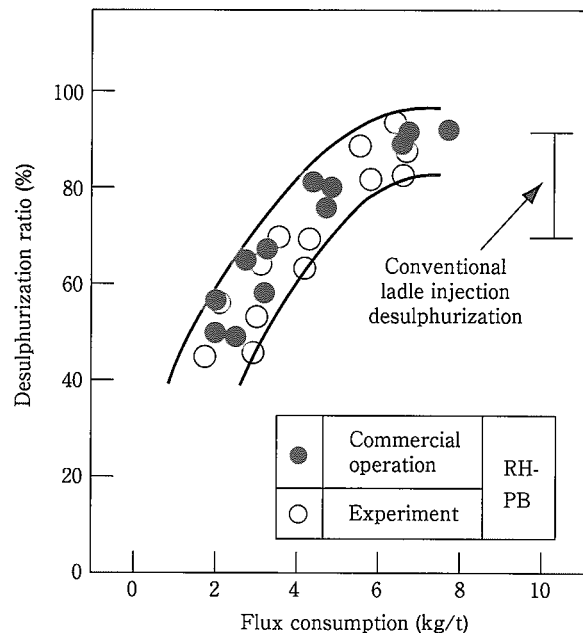
第3図 溶製プロセス

Fig.3 Producing process



第4図 粉体上吹時のSおよびN挙動

Fig.4 Change of S and N during Powder Top Blowing



第5図 フラックス原単位と脱S率の関係

Fig.5 Relationship between the flux consumption and the desulphurization ratio

6-2 脱硫効率

第5図に脱硫フラックス原単位と脱硫効率の関係を示した。

従来の取鍋インジェクション法では、約10 kg/tのフラックスを使用し、平均80%の脱硫率に対し、RH-PB法では、より少ないフラックス量(7 kg/t)で高い脱硫率(平均85%)が得られている。

6-3 粉体上吹きにおける脱窒特性

粉体上吹き時に、脱硫と同時に、脱窒も生じた。

脱窒速度が(1)式に示した二次の反応速度式で表すことができると仮定する。

$$-d[\%N]/dt = K_N \times [\%N]^2 \quad (1)$$

$$1/[\%N] = K_N \cdot t + 1/[\%N]_0$$

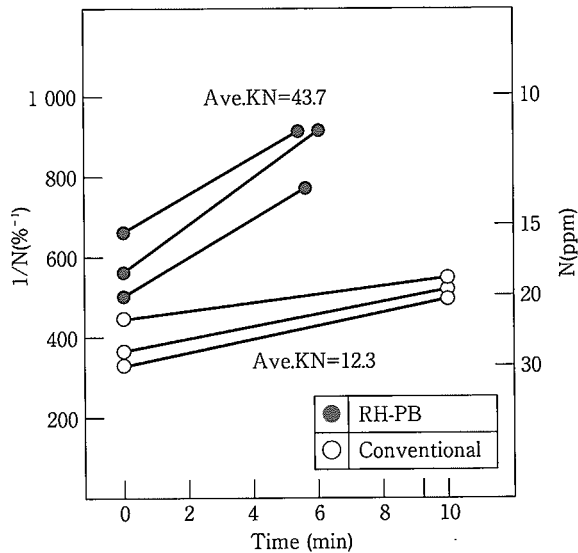
ここで

$[\%N]$: 溶鋼中窒素濃度(%)

K_N : みかけの脱窒反応速度容量係数($\%^{-1} \cdot \text{分}^{-1}$)

$[\%N]_0$: 溶鋼中窒素濃度初期値(%)

第6図に時間と1/Nの関係を示した。第6図中の直線の傾きがみかけの脱窒反応速度容量係数(K_N)を表しており、粉体上吹きにより、 K_N は約3.5倍に増加することが判明した。



第6図 粉体吹込時間と $1/N$ の関係
Fig.6 Relationship between blowing time and $1/N$

脱窒速度の増加は以下の因子によるものと考えられる。

- (1)粉体に付随して侵入する Ar 気泡によるガス-金属界面積の増大。
- (2)ガス-金属界面における O, S (界面活性元素)の低減。

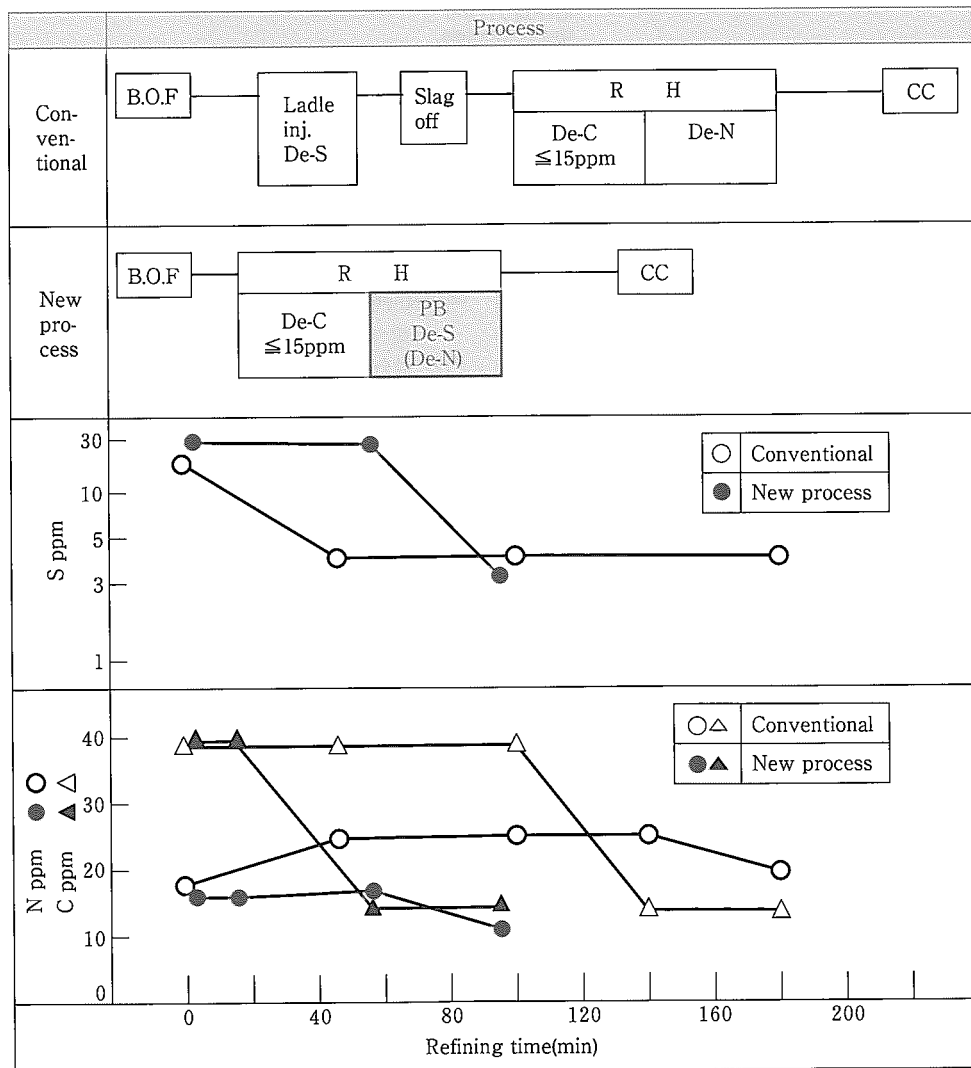
6-4 プロセス改善効果

第7図に高級電磁鋼板の製造プロセス、精錬時間および成分挙動を示した。

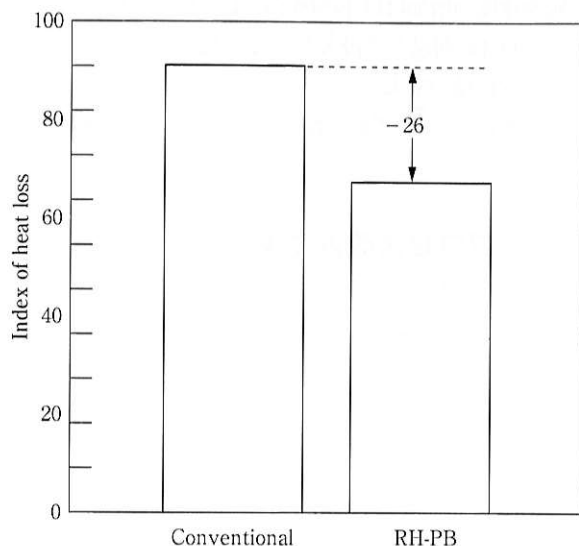
RH-PB法の適用により到達Nは、下記の効果により、従来に比べ大幅に低減することができた。

- (1)大気下での脱硫工程省略による吸窒防止
- (2)粉体上吹きによる脱窒速度増加

またRH 単一処理が可能となり、RH 処理時間は従来と同レベルであるが、転炉出鋼から铸込開始までの所要時間を約40%短縮するとともに、第8図に示すようにプロセス簡略化に伴い、転炉出鋼から铸込みまでの熱ロスを26%削減できた。



第7図 製造プロセスと成分挙動
Fig.7 Refining process and composition behavior



第8図 熱ロスの比較
Fig.8 Index of heat loss

7. 結 言

当所製鋼第二工場の160 t真空脱ガス設備に、当社独自開発技術である「RH 粉体上吹き脱硫技術(RH-PB)」を適用した。その結果、RH 単一プロセスでS 5 ppm以下の極低硫化ならびにN 15 ppm以下の低窒素化とともに、40%の工程時間の短縮および26%の熱ロスの低減が図れた。

今後、当技術を1999年7月稼働予定の新製鋼工場および当社鹿島製鉄所へも導入していく。



岡野博義/Hiroyoshi Okano

和歌山製鉄所
製鋼部 製鋼技術室

(問合せ先：0734(51)1124)

参考文献

- 1) 新日本製鐵：第93回製鋼部会資料(1986)“不純物除去技術(RH インジェクション及びNSR)”
- 2) 遠藤ら：CAMP-ISIJ, Vol.1(1988), 1189
- 3) 古崎ら：鉄と鋼, 72(1986), S 261
- 4) 遠藤ら：鉄と鋼, 72(1986), S 261
- 5) 新日本製鐵：第93回製鋼部会資料(1986)“RH 粉体吹込み脱硫技術の開発”
- 6) 東ら：鉄と鋼, 72(1986), S 1107
- 7) 眞目ら：CAMP-ISIJ, Vol.1(1988), 1185
- 8) 眞目ら：鉄と鋼, 68(1982), S 245
- 9) 眞目ら：鉄と鋼, 69(1983), S 178
- 10) 眞目ら：鉄と鋼, 72(1986), S 1104
- 11) 田尻ら：第115回製鋼部会資料(1996)“RH 粉体上吹精錬設備の立ち上げと操業”
- 12) 岡野ら：Steelmaking Conference Proceedings, Vol.80(1997), 127