

## RH粉体上吹精錬法の開発

## Development of RH Powder Top Blowing Process

住友金属工業(株)和歌山製鉄所  
鉄鋼技術研究所岡田泰和\*・家田幸治・永幡 勉  
真屋敬一・池宮洋行・深川 信  
眞目 薫

## 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ニーズがますます高まりつつある。ラインパイプ用鋼等の極低硫鋼では、フラックスインジェクション法のような溶鋼脱硫法が行われてきた。しかし、工程の複雑化によるコスト、生産性の悪化は勿論、品質面でも[N]ピックアップ等の問題があり、改善が望まれている。一方、自動車用鋼板に代表される極低炭素鋼では、その造形性向上の点から更なる低炭素化が要求されつつある。

これら問題点を解決するために、和歌山製鉄所160t RH脱ガス装置にてRH粉体上吹精錬法<sup>1,2)</sup> (以下RH-PB法: Powder Top Blowing法) の開発を行ったので報告する。

## 2. RH粉体上吹法の特徴

近年、RHに脱硫機能を付与する技術として浸漬ノズルや、インジェクションランスより脱硫剤を吹き込む方法の開発が実施されている。<sup>3)-8)</sup>

本法は、RH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<sup>9)-12)</sup>を基にする精錬法である。

本法の概念図をFig.1に示す。

粉体上吹きにより、従来RH脱ガス法では成し得なかった新しい精錬機能、すなわち溶鋼脱硫並びに[C] 20 ppm以下の極低炭域での脱炭促進を可能とする。

また、真空下で処理できるため、大気による汚染、特に吸窒を防止できる。

更に、水冷ランスを用いるため、以下の特徴を有する。

- (1) ランスの閉塞、損耗等の問題なく安定吹込が可能。
- (2) 耐火物ランスを用いないため消耗用品が不要。
- (3) 溶鋼中に羽口を浸漬しないため非上吹中のガス原単位が低い。

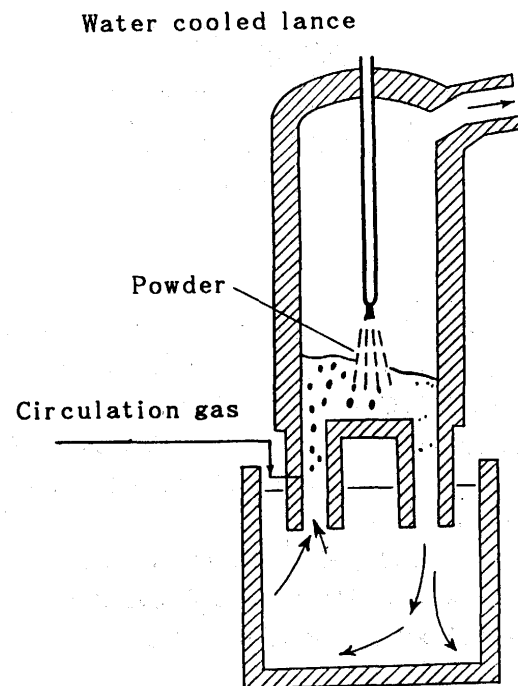


Fig.1 Concept of RH-PB

Table 1 Specifications of RH degasser

Heat size	160 t
Exhausting capacity	1000 kg/h (at 0.6 torr)
Snorkel diameter	450 mm
Circulation gas	1500 l/min

## 3. 試験条件

## 3.1 試験設備

和歌山製鉄所第2製鋼工場の160t RH設備に試験設備を設置した。Table 1にRH脱ガス設備の仕様を示す。

3.2 粉体上吹き条件

粉体上吹き条件をTable 2 に示す。

脱硫試験では、CaO-CaF<sub>2</sub>系脱硫剤を吹込速度 100~130kg/minで約10分間吹き込み、脱炭試験では、鉄鉱石粉を 20~60kg/minで約10分間吹き込んだ。

ランス高さ並びに真空度は、粉体を溶鋼中に十分に侵入・分散させ、かつスプラッシュ等の操業上の問題の無い適正条件を設定した。

3.3 テストプロセス

プロセスをFig.2 に示す。

脱硫テストの場合は、転炉出鋼後スラグ改質を行った後、RHにて粉体上吹を実施した。

脱炭テストの際は、RHにて通常の真空脱炭を行い[C]を 20~30ppmまで低減した後、粉体上吹を行い極低炭化を図った。

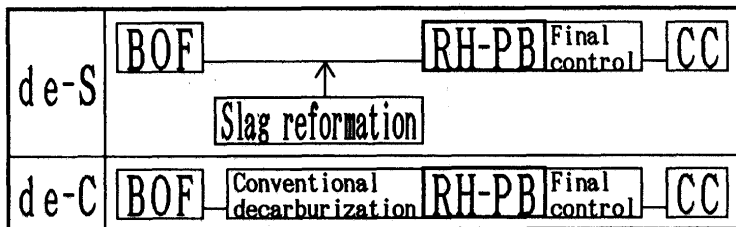


Fig.2 Process flow of the experiment

4. 試験結果

4.1 脱硫脱窒挙動

脱硫・脱窒挙動をFig.3 に示す。真空下粉体上吹により従来成し得なかった低窒素レベルを維持しながら、[S] 5ppm以下の極低硫鋼を溶製できた。

脱硫剤原単位約 5kg/tにて[S] 5ppm以下が得られ、約 8kg/tでは 1.3~2.9ppmの極低硫化が達成できた。この時脱硫率は 90%以上であった。

窒素については、脱硫と同時に脱窒反応が進行し、処理前 20ppm以上から処理後約 15ppmまで低減できる事が判明した。

4.2 脱炭挙動

粉体上吹中の[C]の経時変化を従来のRH真空脱炭と比較してFig.4 に示す。RH粉体上吹法により従来問題であった、[C] 20ppm以下での脱炭反応の停滞を解消し、処理後 [C]= 5ppm達成の目処を得た。

Table 2 Conditions of powder blowing

Items	Desulphurization	Decarburization
Material	CaO-CaF <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Size	-100 mesh	-100 mesh
Blowing rate	100~130kg/min	20~60 kg/min
Blowing time	8~12 min	8~13 min
Lance height	2 m	3 m
Ambient pressure	1 ~ 2 torr	1 ~ 2 torr

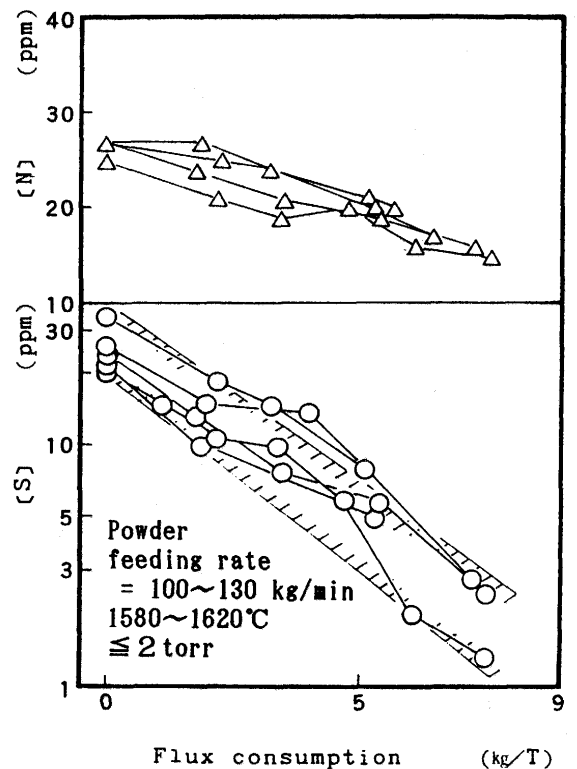


Fig.3 Change of [S] and [N] during powder top blowing

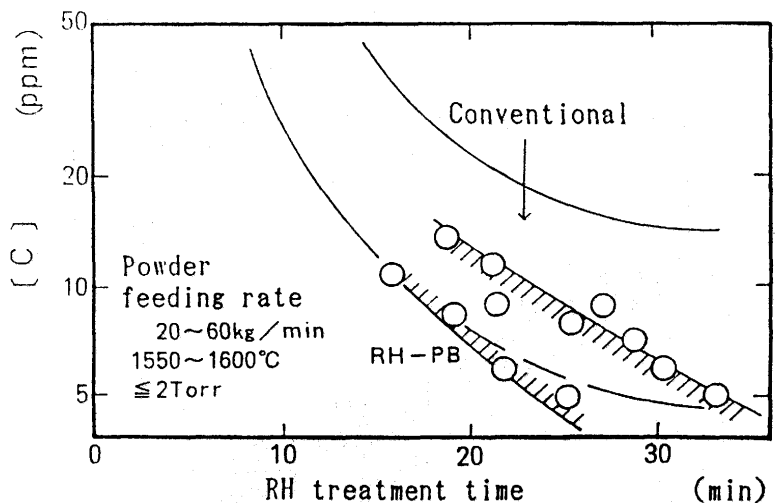


Fig.4 Behavior of [C] during RH degassing

## 5. 考察

### 5.1 脱硫反応に及ぼす諸因子の影響

#### 5.1.1 粉体上吹条件の影響

上吹条件による脱硫効率の変化をFig.5 に示す。

ランス高さを低くし、真空度を上昇させる事により、脱硫率が著しく上昇した。これは、上吹き条件を最適化する事により上吹粉体が溶鋼中に深く侵入分散する結果、脱硫率が上昇したものと考えられる。

#### 5.1.2 取鍋スラグ組成の影響

粉体吹込後スラグ中(%FeO)+(MnO)とS分配の関係をFig.6 に示す。

スラグ改質を行い(%FeO)+(MnO)を低減する事により、S分配比が著しく上昇した。特に(%FeO)+(MnO)が1%以下の条件では、(S)/[S]が600~1100といった高い値が得られた。

スラグ中の(%FeO)+(MnO)を1%までスラグ改質する事が重要である事が判った。

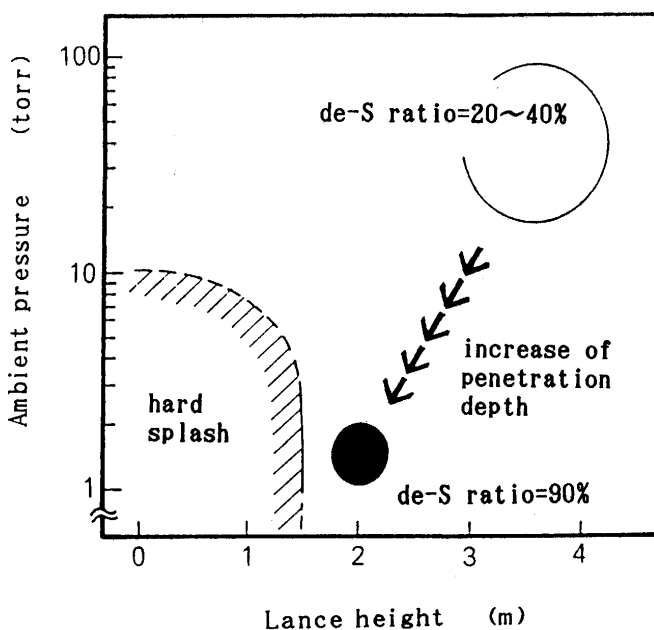


Fig.5 Dependence of desulphurization efficiency on powder top blowing conditions

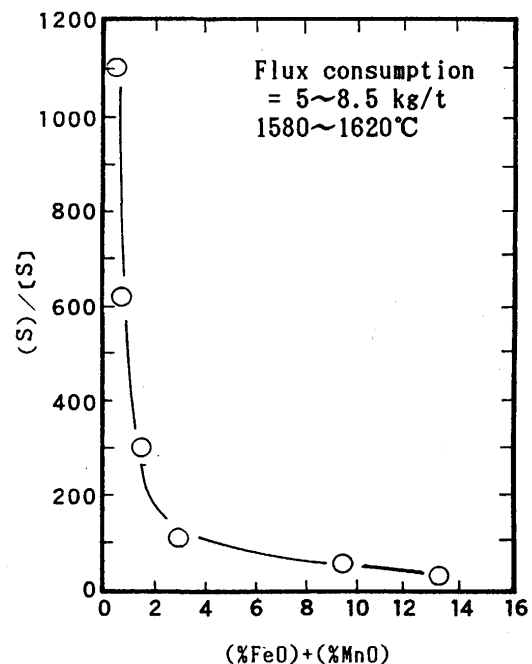


Fig.6 Effect of (%FeO)+(MnO) in top slag on (S)/[S]

### 5.2 取鍋インジェクション法との比較

溶鋼中に脱硫剤をインジェクションする従来法と本法とを比較してTable 3 に示す。

本法も従来法も取鍋スラグ中(%FeO)+(MnO)はいずれも1%以下になっている。しかし脱硫処理後[S]値は従来法が3~6ppmなのに対し、本法は1.3~2.9ppmにする事が出来た。また、S分配比も従来法の110~270に対して本法は600~1100と約5倍に達した。この様に脱硫能に差が生じたのは、従来法は、パーマメント反応が主体なのに対し、本法は吹込脱硫剤と溶鋼のトランジトリー反応が主体で脱硫反応が進行するため高塩基度スラグの形成が容易になるためと考えられる。

[N]挙動については、従来法は、大気圧下での処理のため吸窒を防止する事が難しく、脱硫処理後[N]が30~60ppmと高いが、本法は減圧下にて粉体を上吹するため、脱窒が進行し、処理後[N]約15ppmが得られた。

Table 3 Comparison of ladle injection and RH-PB method

Items		Ladle injection	RH Powder Top Blowing
[S] after treatment (ppm)		3~6	1.3~2.9
[N] after treatment (ppm)		30~60	15~20
(S)/[S] after treatment (-)		110~270	600~1100
Amount of flux used	Injection/blowing(kg/t)	1.3~1.8	5~8
	Top slag (kg/t)	27~37	16~19
(%FeO)+(MnO)		<1.0	<1.0
(%CaO)/(%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )		1.2~1.7	1.3~2.5

5.3 脱炭反応促進機構

次式<sup>13)</sup>より求めた真空槽内での脱炭反応容量係数(ak)の[C]依存性をFig.7に示す。

$$[C]=[C]_1 \exp(-Kct) \dots\dots\dots (1)$$

$$Kc = \frac{Q}{V} \cdot \frac{ak}{Q+ak} \dots\dots\dots (2)$$

Q:環流速度(m<sup>3</sup>/min)  
V:取鍋内溶鋼量(m<sup>3</sup>)

鉄鉱石粉上吹により、低炭域の脱炭反応容量係数は、著しく上昇する事が確認できた。

これは、従来の真空脱炭では[C] 20ppm以下の極低炭域にて反応領域の減少から脱炭反応が停滞するのに対し、本法は、上吹きした鉄鉱石粉体が溶鋼中に侵入分散し、反応界面積を増大させるとともに、酸素供給源およびCO気泡発生核として作用するためと考えられる。(Fig.8)

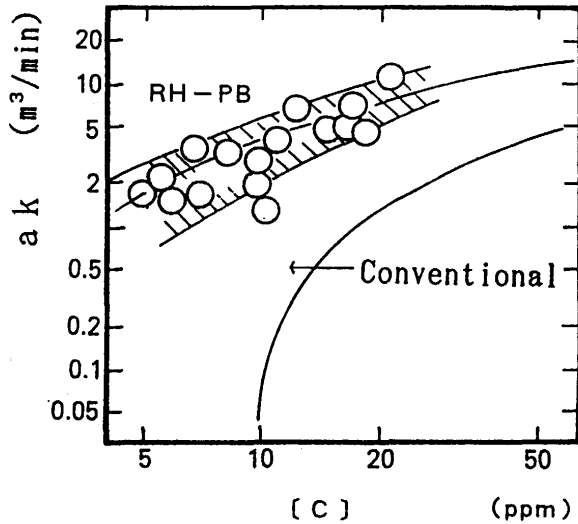


Fig.7 Relationship between [C] and ak

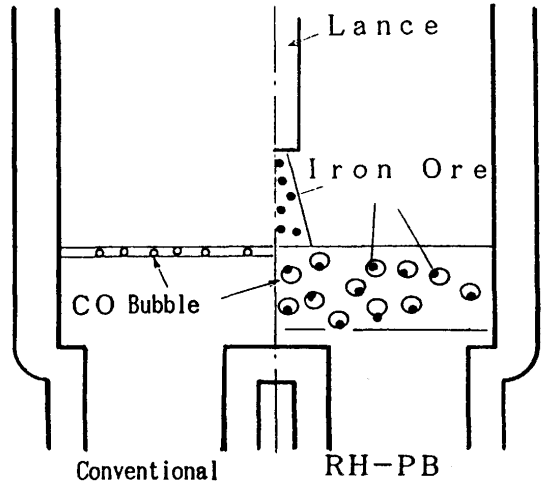


Fig.8 Mechanism of decarburization acceleration

6. 結言

RH粉体上吹精錬法を和歌山製鉄所160tRHにて試験した結果、以下が判明した。

(1)低窒素を維持しながら[S] 5ppm以下の極低硫鋼の溶製が可能である。

① 脱硫剤原単位約 5kg/tで[S] 5ppm以下を達成できた。

② 脱硫剤原単位約 8kg/tで、到達[S] 1.3~2.9ppmを達成できた。

(2)取鍋インジェクションの様な特別な溶鋼脱硫工程を省略できる目処を得た。

(3)鉄鉱石上吹により、極低炭域での脱炭速度を向上し、RH到達[C]を5ppmまで低減できる目処を得た。

参考文献

- 1.岡田ら：CAMP-ISIJ, Vol.5 (1992), 1238
- 2.岡田ら：CAMP-ISIJ, Vol.6 (1993), 174
- 3.新日本製鉄㈱ (私信) 1986年3月
- 4.遠藤ら：CAMP-ISIJ, Vol.1 (1988), 1189
- 5.古崎ら：鉄と鋼, 72(1986), S261
- 6.遠藤ら：鉄と鋼, 72(1986), S263
- 7.新日本製鉄㈱ (私信) 1986年3月
- 8.東ら：鉄と鋼, 72(1986), S1107
- 9.眞目ら：CAMP-ISIJ, Vol.1 (1988), 1185
- 10.眞目ら：鉄と鋼, 68(1982), S245
- 11.眞目ら：鉄と鋼, 69(1983), S178
- 12.眞目ら：鉄と鋼, 72(1986), S1104
- 13.住田ら：川鉄技報, 15(1983)2, 152