

技術報告

UDC 669.046.554 : 669.046.558.8

取鍋内における溶鋼処理*

梅田 洋一**・丸川 雄浄**・城田 良康**

Treatment of Liquid Steel in the Ladle (Ladle Technology)

Yōichi UMEDA, Katsukiyo MARUKAWA, and Yoshiyashu SHIROTA

Synopsis:

Functions of various ladle technologies were studied, and some future prospects of the ladle technology in steelmaking process were proposed.

- i) Ladle technologies proposed so far can be classified to five types.
- ii) Eight functions are necessary for the ladle technology and evaluations of the eight functions of each technology were done.
- iii) Many factors, for example, grade of steel, layout of the plant, and forecast of energy cost, must be investigated in order to introduce the most suitable process of the ladle technology into steelmaking process.
- iv) The ladle technology has been developed from needs for improvements of steel quality and productivity. In future, however, developments of the ladle technology will be strongly influenced by needs for saving resources and energy, and for decreasing waste materials.
- v) In future, with these developments of the ladle technology, innovations of refining process in steelmaking will be extensively performed.

1. 結 言

精錬炉(転炉)出鋼後の取鍋において、仕上精錬ともいべき溶鋼処理が近年急速に発展してきている背景は平炉から転炉への転換にともなつて生じた製鋼精錬分野のイノベーションともいべき状態が技術的に飽和をし次の段階のイノベーションを模索している状態に現状がなつていることを示しているようである。すなわち、

(1) 鉄製品の利用の高度化およびユーザーの合理化を材料である鋼の品質向上に求めてきている。この要求に答えるのには抜本的な品質向上およびその大量生産の保証が必要である。

(2) 現在の精錬造塊の製造プロセス(溶銑脱炭、転炉精錬のレベル)では、既にそれなりの高度レベルまで発展しつつしており、現状以上の品質を確保し、それを大量に安定生産することは、これ以上更に多くは望めない状態にまで達している。

これに対してレードルテクノロジーとして実施され考えられているものは、製鋼炉(転炉・電炉)出鋼後の取鍋内でのバブリング攪拌のみから真空加熱処理法のよう

に従来の精錬炉の役割を一部担う程のものまで多種多様なものがある。

そしてこれらが今後とも製鋼プロセスに導入させると考えられる要因として、先に上げた(1)、(2)に加えて

(3) 製鋼精錬の合理化の現状打開の手段として

(4) 今後特に省エネルギー、省資源、産業廃棄物の観点に大きなウェイトを持たせた製鋼精錬プロセスの見直し(組み立てなおし)の点からも、レードルテクノロジーが種々の要求、それぞれの立脚条件に合わせて導入され、また新たに工夫されているのが現状である。

本報では、これまでに提唱されているレードルテクノロジーの機能につき比較検討を行ない、将来の製鋼プロセスへのレードルテクノロジーの導入について展望を行なった。

2. レードルテクノロジーとして要求される機能

従来の製鋼プロセスの発展を見ると転炉ですべての精錬を行う時期から精錬の各機能を分化してより完全な精

* 昭和52年3月26日受付 (Received Mar. 26, 1977)

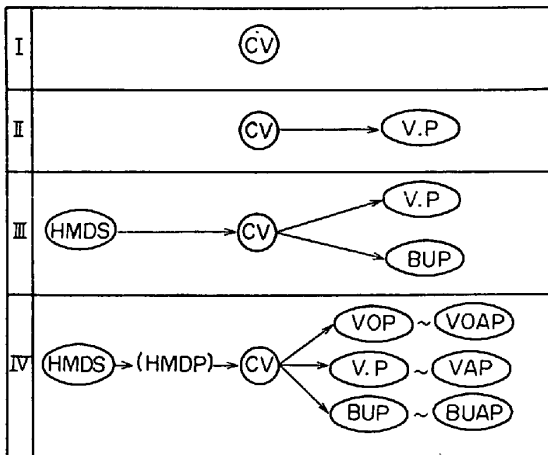
** 住友金属工業(株)鹿島製鉄所 (Kashima Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 3 Hikari Kashima-cho Kashima-gun Ibaraki 314)

鍊を行う方向に発展してきていることがわかる。

その発展の動因を見ると、次の三点が考えられる。

- ① 転炉精鍊では行えない機能の付加
- ② 転炉精鍊をより完全に行なうための機能の分化

Table 1. Development of refining process in steel making.



CV : Converter
 VP : Vacuum process
 BUP : Bubbling process
 HMDS : Desulfurization of hot metal
 HMDP : Dephosphorization of hot metal
 VOP : VP + O₂ blowing process
 VAP : VP + Arc heating apparatus
 VOAP : VOP + Arc heating apparatus
 BUAP : BUP + Arc heating apparatus

③ 精鍊プロセスの合理化

これを図示すると Table 1 のようになるが、主として転炉出鋼後の取鍋内溶鋼処理(レードルテクノロジー)が多様に発展してきていることがわかる。

このレードルテクノロジーの機能を整理すると Table 2 の 8 項になり、上記導入の三つの動因がそれぞれの要求項目について考えられる。

3. 各種レードルテクノロジーの分類

レードルテクノロジーとして要求される機能を持たせた実際のプロセスを、その機能別に分類してみると、Table 3 に示すように 5 つの段階に分けられる。すなわち

Step I : Gas Bubbling

Step II : Step I + 合金添加

Step III : Step II + 加熱装置

Step IV : 真空処理 + 合金添加

Step V : Step IV + 加熱装置

ここで AOD もしくは VOD という実現されているプロセスがあるが、これらは取鍋内溶鋼処理というレードルテクノロジーの範疇を超えた精鍊炉の範疇に入るものとしてここでは一応除いてある。

4. 各種レードルテクノロジーの機能について

Table 2 に示したレードルテクノロジーの機能として

Table 2. Functions which are necessary for Ladle Technology.

Function	Detail	Role in steel making		
		Development of new technic	more precise control	cost down
1 Control of temperature	(1) Unifying and cooling		○	○
	(2) Heating	○		
2 Deoxidation and cleanliness			○	
3 Control of steel compositions	(1) C, Si, Mn		○	○
	(2) Al			
4 Addition of special elements	(1) Ca, RE, Mg, B	○		
5 Desulfurization	(1) S ≤ 0.005%		○	
6 Dephosphorization	(1) Tapping at low Temp + heating in the Ladle		○	○
	(2) Dephosphorization in the ladle	○		
7 Dehydrogenation		○		
8 Decarburization	(1) C ≤ 0.02%	○		

Table 3. Development of Ladle Technology.

Step	Type	Method and function	Example
I	BU (Bubbling)	Injection of neutral gas (1) use a ceramic coated lance (2) use a porous plug (3) shoot Bubble-Form-Bullet	
II	BUP (Bubbling Process)	BU+Addition of alloys (1) direct addition (2) shoot Al-Bullet (3) wire feeder (4) injection with carrier gas (5) control of slag composition (6) control of atmosphere	CAS SAB SCAT TN
III	BUAP (Bubbling Arc Process)	BUP+Arc heating apparatus (1) arc heating (2) control of slag composition (3) control of atmosphere	LF
IV	VP (Vaccum Process)	Circulation of steel+Vaccum Process+Addition of alloys (1) control of slag composition (2) control of atmosphere	DH RH
V	VAP (Vaccum Arc Process)	VP+Arc heating apparatus	ASEA-SKF VAD

(cf) AOD and VOD are kinds of refining furnace, so in this report they are rejected from types of Ladle Technology.

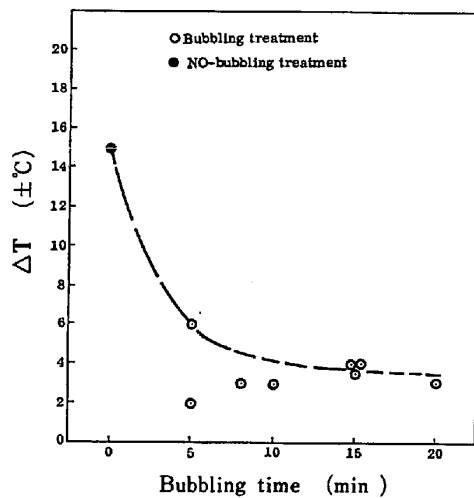


Fig. 1. The effect of bubbling time on the reduction of temperature fluctuations of liquid steel in the ladle. (Sumitomo Metals, Kashima, 250 t BOF)

要求される 8 項目に対し、各種レードルテクノロジーの持つ機能につき比較検討を行なう。

4.1 温度コントロール

バブリング処理又は真空処理による温度コントロールは、現状の製鋼プロセスの中で、操業、品質の安定に対し十分その機能を発揮している。Fig. 1にはリムド鋼に対し、バブリング処理を行なうことにより鋳込中の溶鋼温度の変動が非常に小さくなり 5 分以上のバブリングで $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以下になることを示している。また新しい溶鋼攪

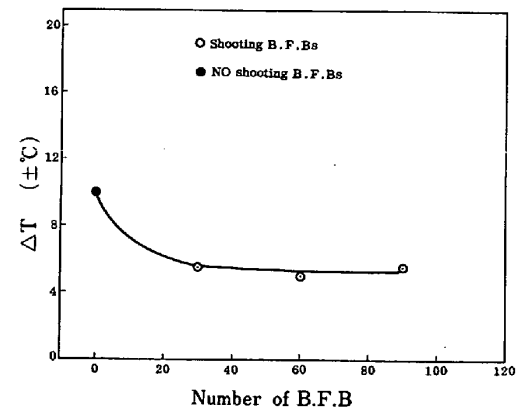


Fig. 2. The effect of shooting Bubble-Form-Bullet (B. F. B.) on the reduction of temperature fluctuations of liquid steel in the ladle. (Sumitomo Metals, Kashima, 250 t BOF)

拌方式として発泡弾¹⁾を Al 投射機を用いて、溶鋼中に添加、攪拌することにより Fig. 2 に示すように、鋳込中の溶鋼温度の変動は $\pm 6^{\circ}\text{C}$ 以下になり、ガス吹込バブリングと、同等の溶鋼攪拌効果があることを示している。

4.2 脱酸

4.2.1 介在物浮上効果

バブリング処理により鋼中 [O] が減少することは、これまでの報告²⁾³⁾⁴⁾より明らかである。特に Al_2O_3 の浮上効果は大きく、Fig. 3 に示すようにバブリングにより Al_2O_3 浮上速度が増大し、かつ $\text{Al}_2\text{O}_3 = 20 \sim 30 \text{ ppm}$

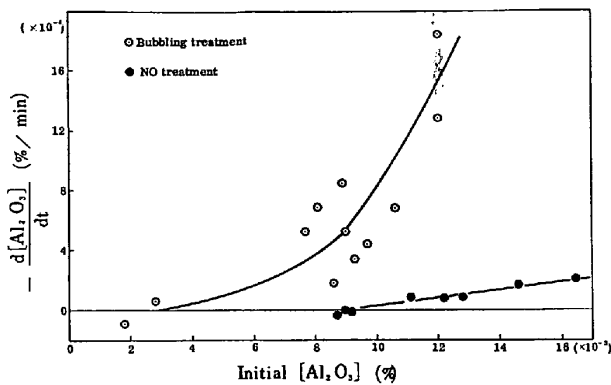


Fig. 3. The effect of bubbling treatment on the rate of floating out Al_2O_3 inclusions. (Sumitomo Metals, Kashima, 250 t BOF)

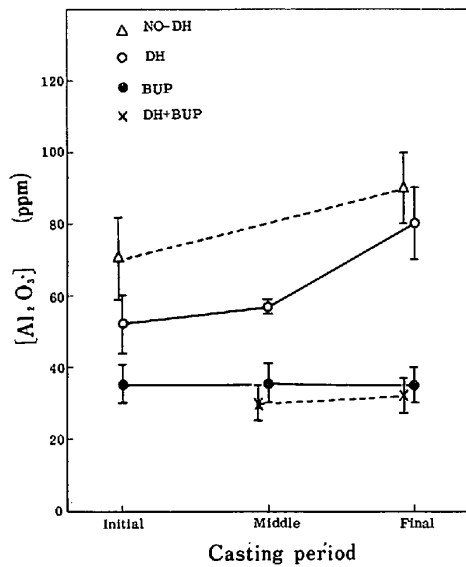


Fig. 4. Comparison of separation ability of Al_2O_3 inclusions between Bubbling and DH treatment. (Sumitomo Metals, Kashima, 250 t BOF)

まで低下する。また DH 処理材との比較を Fig. 4 に示すが、DH 処理材よりバブリング処理材の方が Al_2O_3 が低位に安定している。これは DH 法の場合の循環流攪拌に対しバブリング攪拌がよりミクロ的にはげしく、又気泡付着による浮上除去も加わって本質的に溶鋼中介在物の清浄化機能がすぐれているためと考えられる。

またリムド鋼に対するバブリング処理においても Fig. 5 に示すように表皮下の清浄度が大幅に改善されていることがわかる。

4.2.2 リムドセミキルド鋼の脱酸調整

従来、リムド、セミキルド鋼の脱酸調整は、出鋼時において実施されているため、その調整精度は、OXP を用いた場合においても十分とはいえない。そこでその対策として下記のプロセスにて脱酸調整精度は大幅に向

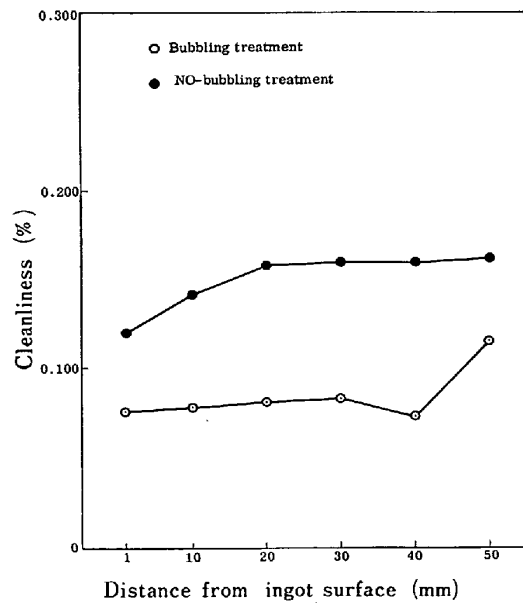
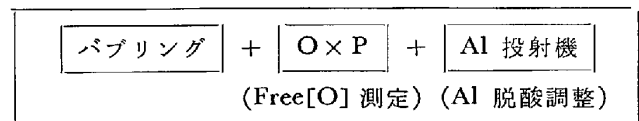


Fig. 5. The effect of bubbling treatment on the cleanliness of rimmed steel ingot. (Sumitomo Metals, Kashima, 250 t BOF)

上する。



4.3 成分調整

現状の製鋼プロセスにおける成分調整は、ほとんど出鋼時にて完結するプロセスであり、そのため出鋼直前におけるサンプリング→分析などをていねいに精度を高めて行なう必要があり、製鋼能率を低下させる大きな原因となっている。従って今後、製鋼炉の能率をさらに向上させるためには、現状の成分的中精度を抜本的に向上させるために出鋼後における仕上調整ともいべき成分微調整のプロセスが必要となる。

この要求に対し現状の真空処理法 (DH, RH) は、この成分調整機能を十分持っている。その一例として Fig. 6 に DH 処理による成分 (C, Si, Mn, Cr, Mo) および C 当量に対する調整精度を示す。しかし大量生産プロセスという観点から真空処理法を見ると処理量および処理コストに大きな問題があり成分調整の機能をはたすためにのみ使用することは非効率といわざるを得ない。

一方、バブリング処理は大量生産に対して十分答えられるプロセスであるが、現状溶鋼取鍋にバブリング装置をつけただけの方法 (BU) における成分調整機能は添加合金および溶鋼のスラグとの反応、あるいは空気酸化によりとくに易酸化成分元素においてはその精度にばらつきが生じやすい。これを克服する技術として新しい

合金添加法⁸⁾⁹⁾ およびスラグ-メタル間反応のコントロール技術²⁾³⁾ が近年著しく発達してきており、これらを用いることにより、従来法に対してはもちろん、DH 法などの真空処理法との比較においても成分調整機能はひけをとらないよいものになってきている。Table 4 にバブ

リング処理に併用された合金添加方法およびその方法による各成分の調整に対する効果を示す。Fig. 7 および Table 5 に Al 投射機を用いた場合の、sol Al 調整精度の向上を示す。いずれも従来法に比較し大幅に調整精度が向上している。

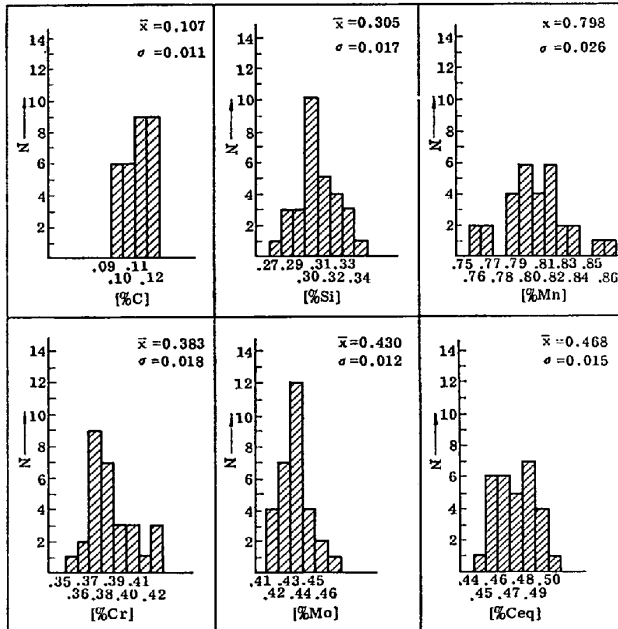
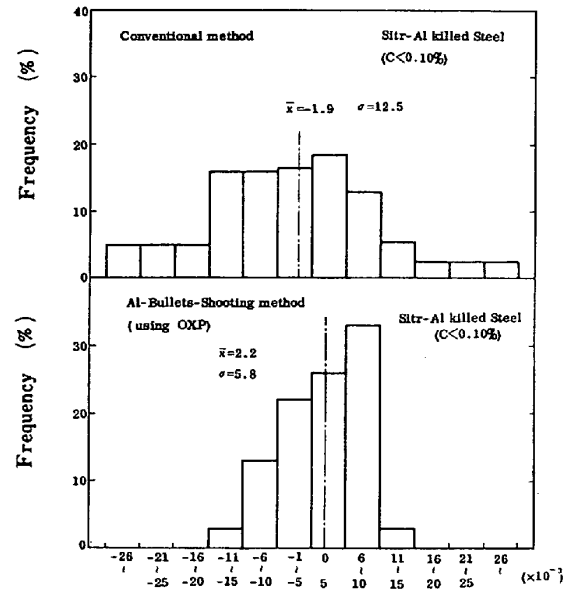


Fig. 6. The function of DH treatment to control the composition and C equivalent of steel. (Sumitomo Metals, Wakayama, 70 t BOF)



$\Delta \text{Sol Al} (= \text{Sol Al} < \text{measured} > - \text{Sol Al} < \text{aim} >)$ (%)

Fig. 7. The effect of using Al-Bullets-Shooting method on the control of sol[Al] in steel. (Sumitomo Metals, Kashima, 250 t BOF)

Table 4. Methods of adding alloys used in BUP.

method of adding alloys		conventional	CAS ²⁾ (SAB) ³⁾	Al bullet shooter	Wire feeder	T.N method ⁸⁾
		alloy, gas, slag, metal, ladle	gas, alloy, porous plug, gas	Al bullet shooter, gas, bullet	wire feeder, wire, gas	Ar gas, storage tank
effect	C	○	○	○	△	△
	Mn	○	○	△	△	△
	Si	○	○	△	△	△
	Al	×	○	○	○	△
	Ca	×	×	○	○	○
	Ce	×	○	○	○	×
comment			All alloys can be added	Alloys which can be changed to wire form can be added	Alloys which can be changed to powder form can be added.	

Table 5. The effect of method of Al addition on the accuracy of controlling sol[Al] in steel.⁶⁾

Method of Al addition	Decision of Al quantity	n	$\sigma \times 10^3$ (%)
Granular Al	Free [O] measured by Oxp	63	5.92
	[%C] at end point	39	6.80
Al-Bullet-shooting	Free [O] measured by Oxp	48	3.54
	[%C] at end point	30	4.00

Table 6. Methods of desulfurization of liquid steel.

Type	Method	Final[S] _E
LF ¹⁰⁾	1. Control of slag composition CaO/SiO ₂ ≥ 4.0	[S] _E ≤ 0.002%
TN ⁸⁾¹³⁾	1. Injection of Ca-Si, CaC ₂ with Ar gas 2. Control of slag composition (CaO/SiO ₂): Al ₂ O ₃ = 0.3~0.4	[S] _E ≤ 0.001%
VAD ¹¹⁾	1. Basic slag (CaO) + [S] → (CaS) + [O]	
ASEA-SKF	1. Addition of Ca alloys 2. Addition of REM	[S] _E ≤ 0.001%

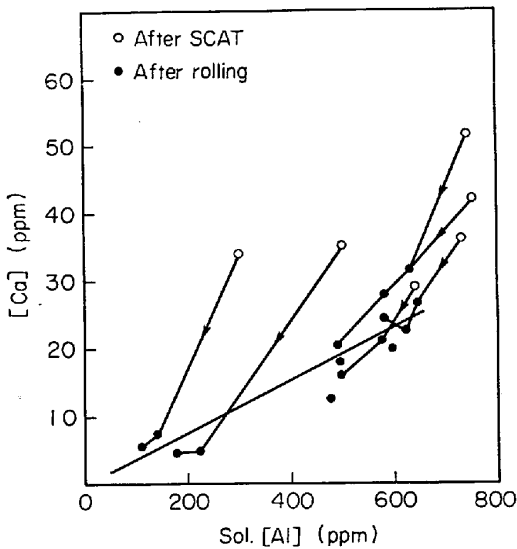


Fig. 8. The relationship between [Ca] and Sol. [Al] in steel using SCAT method⁵⁾. (Sumitomo Metals, Wakayama, 160 t BOF)

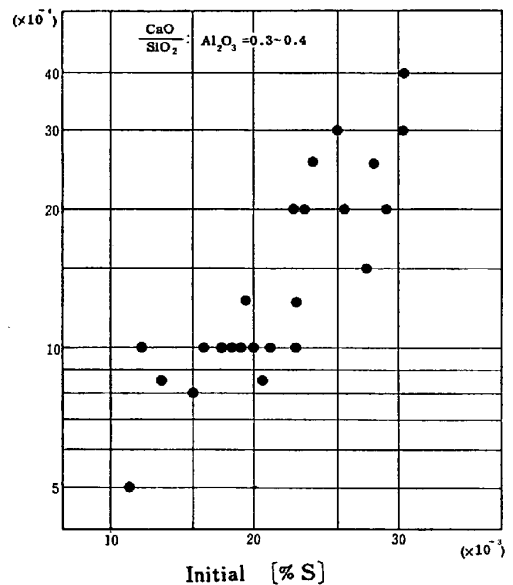


Fig. 9. On the desulfurization by Ca-Si or CaC₂ injection into liquid steel using T. N method¹³⁾. (Mannesmann, 150 t BOF)

4.4 特殊元素の添加

最近、鋼に対するユーザーの厳しい要求に対し、Ca, Ce などの特殊元素の添加が注目されている。これら酸化力が非常に強い、あるいは溶鋼温度にてガス化する合金元素については、A・C ワイヤ (Ca-Al ワイヤ) フィーダー法、Al 投射機⁹⁾ や TN 方式⁸⁾ (Thyssen Niederrhein: パブリングランスからの粉体吹込) など、空気およびスラグによる酸化を防止し、かつ直接鋼浴深く添加する方式が発展してきた。その一例として Al 投射機を用いた Ca 添加 (SCAT 法⁵⁾) による鋼中 [Ca] の値を Fig. 8 に示す。このように Ca のような易酸化元素で溶解の不安定なものまで安定して鋼中に添加することができるようになった。

4.5 脱硫

取鍋内での溶鋼脱硫については、最近の報告⁸⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾にあるように、BUP および VAP において、S ≤ 0.001% の極低硫域までの脱硫が可能である。Table 6 に溶

鋼脱硫方式をまとめて示す。また Fig. 9 には TN 方式を用い CaO/SiO₂ : Al₂O₃ = 0.3~0.4 にスラグコントロールを行なった場合の脱硫結果を示す。初期 [S]_I = 0.020% が Ca-Si 又は CaC₂ の吹込により [S]_E ≤ 0.001% にまで低下している。

従って今後 S < 0.003% 以下の極低硫鋼製造プロセスとしては出鋼時の添加合金からの [S] アップも考えると従来の溶銑脱硫処理に加えて取鍋内溶鋼脱硫法を採用する必要がある、またこれにより十分その期待に答えられるものになるであろう。

4.6 脱磷

現状における転炉製鋼の最大の問題の一つは、脱磷 (低磷鋼溶製) であり、また産業廃棄物減少の面からは、

これに伴う転炉滓の増加が挙げられる。

転炉吹錬中の脱磷反応は Fig. 10 に示すように温度依存性が高く、脱磷に対しては低温条件が好ましいことは明らかである。Fig. 11 に終点 [P] におよぼす終点温度、スラグ比およびスラグ中の (FeO) との関係を Balajiva の平衡式を用いて整理した結果を示す。すなわちスラグ比 $\phi=0.15$, (FeO)=35% において終点温度 1600

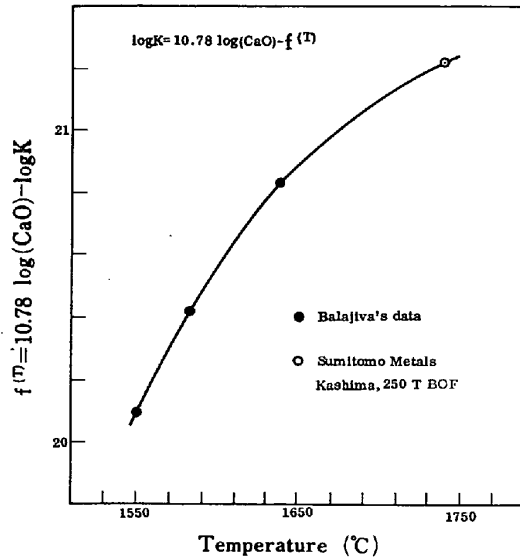


Fig. 10. On the temperature dependence of constant term in Balajiva's equilibrium formula¹⁴⁾.

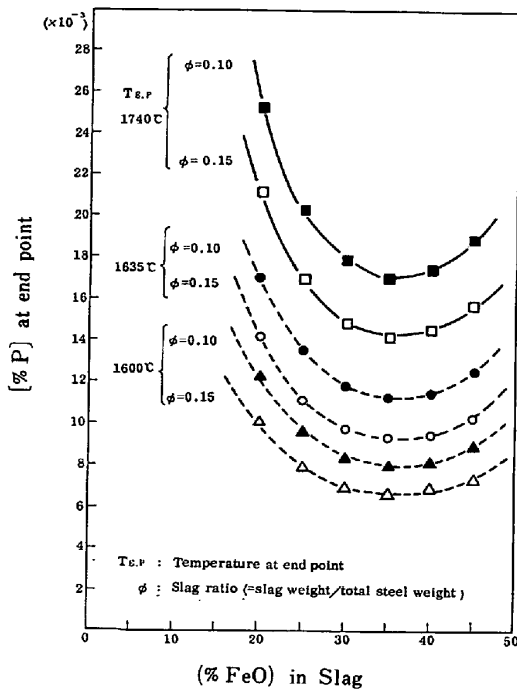


Fig. 11. Theoretical relationship between [P] and temperature at end point. (using Balajiva's equilibrium formula)

°C では終点 [P]=0.007% に対し、終点温度 1740°C では終点 [P]=0.014% であることを示している。これらの点より低磷鋼製造の場合には低温出鋼+取鍋内溶鋼加熱が非常に有効なプロセスであると考えられる。

また新しい技術として、取鍋内溶鋼に対する還元脱磷 (Ca, CaF₂ による脱磷⁷⁾ など) の可能性についての検討を行なう必要があると考えられる。

また、出鋼時以降のスラグからの復磷を防止するために、出鋼時におけるスラグ流出防止技術の確立が必要である。

4.7 脱水素

脱水素に対しては、バブリング処理ではカバーできず、

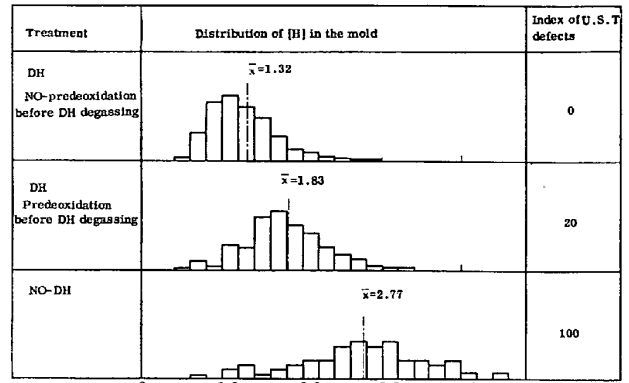


Fig. 12. The effect of DH treatment on hydrogen content in liquid steel. (Sumitomo Metals, Kashima, 250 t BOF)

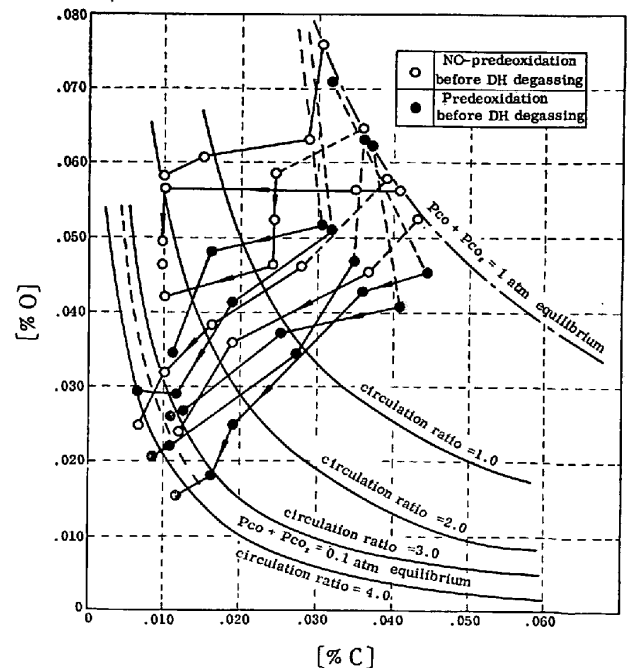


Fig. 13. Behaviour of [C] and [O] during DH degassing. (Sumitomo Metals, Wakayama 70 t BOF)

Table 7. Evaluation of functions of each Ladle Technology.

Function	Type Control of slag composition Example	BU	BUP		BUAP		VP	VAP
		No.	No.	Practice	No.	Practice	No.	Practice
		Bubbling	CAS, SAB SCAT, TN		LF	DH, RH	ASEA- SKF, VAD	
1	Control of temperature	△	△		○		△	○
2	Deoxidation and cleanliness	○	○		○		△	○
3	Control of steel compositions		△	○	△	○	○	○
4	Addition of special elements		△	○	△	○		△
5	Desulfurization		△	○	△	○		○
6	Dephosphorization	×	×		×	△		△
7	Dehydrogenation	×	×		×		○	○
8	Decarburization	×	×		×		○	○

本質的に真空処理によらなければならない。Fig. 12 には DH 処理による溶鋼からの脱水素能を示したもので、NO-DH 材が $\bar{X}=2.77$ ppm に対し、DH 処理材は未脱酸溶鋼処理で $\bar{X}=1.32$ ppm、脱酸溶鋼処理で $\bar{X}=1.83$ ppm に低下しており、今後とも積極的に溶鋼で脱水素を必要とする場合においては何らかの真空処理法 (VP 又は VAP) が必要である。

4.8 脱炭

また極低炭 ($C \leq 0.02\%$) の溶製に対しても、真空処理によらなければならない。Fig. 13 に DH 処理における [C] [O] の挙動を示すが、処理前 [C]・[O] はほぼ $P_{CO_2} + P_{CO} = 1$ 気圧の平衡を保っていたものが、循環係数=4.0 の処理により [C]・[O] は $P_{CO_2} + P_{CO} = 0.1$ 気圧の平衡値まで低下している。

このように $C \leq 0.02\%$ に低下させるためには、レードルテクノロジーとして何らかの真空処理法 (VP 又は VAP) が必要であるが、III 章でも述べたように、AOD, VOD 方式 (精錬炉の範疇に入るものとしてレードルテクノロジーからは除外した) によつても可能であろう。

以上各種レードルテクノロジーの機能について検討を行なった結果をまとめて Table 7 に示す。

5. 生産性、設備費およびランニングコスト

Table 8 に BU~VAP の各処理方法における生産性、設備費およびランニングコストについての評価を示す。BUAP (又は VAP) のランニングコストについて、

Table 8. Evaluation of productivity and cost of installations and operations for various Ladle Technology.

Item	Type	BU	BUP	BUAP	VP	VAP
Productivity		○	○	△	×	×
Cost of installations		○	○	△	△	×
Cost of operations		○	○	△	×	×

転炉高温出鋼 (成品 P を同レベルに押えるためにはスラグポリウムを増し、T・Fe% を増さなければならない) と低温出鋼+BUAP 溶鋼加熱とにおけるコスト差に対する検討式は以下の通りである。

- (1) [高温出鋼-低温出鋼]の便益 = F (出鋼歩留, 媒溶剤, 炉寿命)
- (2) [BUAP 加熱費] = G (電力, 電極, 原単位, レンガ原単位)

これらの式より F-G を試算すると、現状では約 200~300円/T BUAP 加熱の方がコストアップになる。

しかし低磷鋼溶製、または資源、産業廃棄物減少などのウェイトが大きくなるに従い、転炉における低温出鋼の有利性がますます増大し (転炉スラグ量減少, スラグ塩基度低下, 出鋼歩留向上など) BUAP (又は VAP) による取鍋内溶鋼加熱の有効性は大きくなるであろう。

6. 将来の展望

レードルテクノロジーの製鋼プロセスの中での位置づ

けを展望する場合、レードルテクノロジーが必要になってきた4つの要因

- (1) 大量生産プロセスでの品質の安定向上
- (2) 製鋼プロセスの生産性向上
- (3) 精錬過程の合理化
- (4) 省エネ・省源および産業廃棄物の減少

の総合的観点より考える必要がある。

(1) の項目については、レードルテクノロジーの最も贅沢な設備としての第5段階の VAP を導入すれば最も効果的であることはいうまでもないが、製造鋼種のグレード生産量などによつてどの程度の段階のレードルテクノロジーを導入すべきかを決定する必要がある。将来の展望としては、品質レベルについては、今後ともますます要求が高くなり、飽和になるということは考えられないであろう。とすれば、より高度な仕上げ精錬を、より上の段階でのレードルテクノロジーを用いてやらなければならない。

(2), (3), (4) 項目のポイントは、燐の問題を中心に転炉へ入る以前の炉外処理とも関連させて考える必要がある。即ち、精錬プロセスの発展は各精錬項目の分化とプロセスとしての独立によつて進行してきている。現在までの発展は、溶銑処理-転炉精錬-レードルテクノロジーの全領域にわたつてみると脱燐過程が転炉精錬の中に取り残されており、これが前工程に出て行くか、後工程のレードルテクノロジーの中へ入つて行くか、いずれかの方向でさらに分化独立して発展して行くであろう。

そしてその発展の方向および方法は、上記 (2), (3), (4) の項目の中特に今後の展望として (4) 項にウェイトをおいて発展することが予想される。すなわち、レードル加熱のエネルギーコストあるいは耐火物コストが今後の石油価格の推移あるいは原子力発電の占める割合によつてどのように変化し、見積られるかによつて大きく影響を受けるであろう。

Table 9 に今後の電力供給構造の予想を参考として示しているが¹⁵⁾、これをみると現在の原子力発電の占める割合 (2~3%) が 10 年以降では 10 倍 (20~30%) になり、相対的に安価な原子力発電 (S51 年度現在、石油発電のコスト 8.0円/kWH に対して原子力発電コストは 4.5円/kWH と安い) が比率として増加する見通しにあり、全体の製鋼コストの上昇に対して電力コストの上昇が小さく、相対的には現在よりも安価になることが予想される。とすると、低温出鋼レードル加熱方式の BUAP 又は VAP は現在よりも有利な展望にあるということが考えられる。

これは一例であるが、このように他産業の発展の状況

Table 9. Forecast for future structure of electric power source¹⁵⁾.

	1985 (S 60)		1990 (S 65)	
	10 ⁹ kWH	%	10 ⁹ kWH	%
Water	106.4* (106.4)**	13.9 (15.7)	118.3 (118.3)	12.6 (14.7)
Steam	503.6 (414.6)	65.7 (61.2)	530.7 (398.1)	56.5 (49.3)
Atomic	153.7 (153.7)	20.0 (22.7)	284.7 (284.7)	30.3 (35.3)
Total	766.8 (677.8)	99.6 (99.6)	939.8 (807.2)	99.4 (99.3)

* Economical growth ~'85 6.7%, '86~'90 4.0%

** " ~'85 5.5%, '86~'90 3.5%

あるいは、環境問題のウェイトなど製鉄業をとりまく経済社会情勢の変化とそれとのかかわり合いを十分考慮に入れて展望する必要がある。

最後に、製鋼精錬の各精錬項目(たとえば、脱炭、脱硫、脱燐、脱酸、脱水素、成分調整、特殊元素の添加、温度調整など)が、より完全に、より合理的に実施されるために各機能ごとに、レードルテクノロジーを軸にプロセスが分化して行く方向で、今後しばらくは発展して行くであろうが、しかし、更にその先の技術革新としては分化発展した精錬ユニットが、連続化されることをはつきり予期しておいて、現状のプロセスの分化発展をとらえておかなければならないであろう。

7. 結 言

- (1) 取鍋溶鋼処理として求められる機能を整理すると 8 項目になつた。また、レードルテクノロジーを付帯する設備によつて各段階に分けると 5 段階に分けられた。そして現在までに出されている各種レードルテクノロジーをこの 5 段階に仕分けた。
- (2) 各種レードルテクノロジーと 8 項目の調整機能を定性的にはあるが対応させ、その可能性を一覧表にまとめ上げた。
- (3) 各種レードルテクノロジーのいずれを導入するかは製成品のグレード、工場配置、あるいはエネルギーコストの動向を総合的に検討して決定されなければならない。
- (4) 従来のレードルテクノロジーの発展は品質あるいは生産性という要因により動いてきたが、今後は更に省資源、省エネルギー省産業廃棄物にウェイトを置いた合理化により発展をするであろう。

(5) 更に製鋼精錬全体の展望としては、各種精錬機能の分化による発展とその発展したユニットの連続化による次の発展とが考えられ、それらの発展はこのレードルテクノロジーの発展を軸にして、進んで行くものと考えられる。

文 献

- 1) 市川 浩, 丸川雄浄, 白石博章, 市橋弘行, 城田良康: 鉄と鋼, 61 (1975), S 435
- 2) 原口 博, 大河平和男, 森 久, 薄木宗雄: 鉄と鋼, 61 (1975), S 135
- 3) 満尾利晴, 高島 靖, 尾野 均, 有馬慶治, 新網章一: 鉄と鋼, 60 (1974), S 397
- 4) 丸川雄浄, 小林隆衛, 城田良康: 鉄と鋼, 60 (1974), S 398
- 5) 住友金属, 和歌山, 中 研: 第 61 回, 製鋼部会資料
- 6) 梶岡博幸, 佐伯 毅, 広本 健, 二杉憲造: 鉄と鋼, 62 (1976), S 540
- 7) 中村 泰, 徳光直樹, 原島和海: 鉄と鋼, 62 (1976), A 21~
- 8) E. FORSTER: Stahl u Eisen, 94 (1974), 11 p. 474
- 9) 田上豊助, 梅田洋一, 市川 浩, 青木健郎: 住友金属, 25 (1973), p. 30
- 10) 梶岡博幸, 塩紀代美, 新井田有丈, 梅沢一誠: 鉄と鋼, 62 (1976), S 515
- 11) 弘田 昇, 俵 正憲, 品川裕明: 鉄と鋼, 61 (1975), S 540
- 12) 恵藤文二: 第 27, 28 回西山記念講座「真空処理の諸問題」
- 13) H. GRUNER: Stahl u Eisen, 96 (1976), 20 p. 960
- 14) K. BALAJIVA: JISI, 155 (1947), p. 563
- 15) 日本エネルギー経済研究所: S 51, 12, 10 発表