

ルを充てんしておきた。

事故原因と対策；修理時の急熱急冷によつて発生する Crack に溶銑が差し込んだか。あるいは、炉を空にして操業することがあつたために局部的に炉床が掘れてそこから溶銑が差し込んだらしい。対策としては、最低貯銑量を 400 t とし修理時の急熱急冷を避け、修理直前の排さいに十分注意する必要がある。

### 2) 中間補修

転炉工場の定期大修理を利用して休止したもので、れんがによる修理を行なうほどでないので溶損部にマグネシヤスタンプを行なつた。すなわち前回修理した炉底のマグネシヤスタンプをさらに補強し、受銑口下部から傾斜をつけた。

### 3) 定期修理

出銑口、受銑口、排さい口周辺と前壁、裏壁および両鏡の修理を予定して、休止した。一方休止約 1 か月前から、マグネシヤスタンプの浮上流出がはなはだしくなりその形状から出銑口抱下下部の補修材が浮上したものと考えられたが休止して見ると、非常修理および中間補修時に行なつた炉底のマグネシヤスタンプの一部が流出してなくなつており残部の方々に地金が侵入していた。しかも受銑口下部のマグネシヤが大きな塊となつており、これらの解体に長時間を要した。

修理範囲；以上のような状況により全面修理を行なうことにした。すなわち天井および両鏡の一部を除き全面れんがを張り替えた。れんが使用トン数は 299 t である。なお、天井れんがについては、運転以来修理を行なっていないが依然として溶損が少なく、修理時の支持に留意すれば今後、さらに相当長時間持続することが可能であると考えられる。

修理工程は Fig. 2 に示す。

昇熱について；従来と同じ基準で行なつた。すなわち、炉底れんがが目地への地金の侵入を防止するため、炉底に高炉さい粉、を薄く散布したのち、炉内に特設した乾燥用バーナーに点火し、100°C/9~10 hr (天井温度) の速度で昇温を行なつた。その間 800~900°C で本バーナーに点火した。天井温度が 1100~1150°C になつたとき、受銑を開始した。

## VII. 今後の操業方針

第 3 代修理と運転以来現在までの操業経験をいかして今後は次のような方針で操業を続けて行くことにした。

### a) 貯銑量

平常作業では可能なかぎり、最低在銑量を 400 t 程度保留するようにし、受銑時の衝撃による炉底の損耗を避ける。

### b) 排さい作業

排さい作業は行なわないから受銑時の slag の混入を極力避ける。

### c) ソーダ灰の使用はできるだけ避ける。

### d) 燃焼基準

(i) 主バーナーは排さい可能な最低の流動性をスラグに保たせる程度にガス量を調節する。

(ii) 補助バーナーの使用は在銑量が多いときのみとし、出銑口の敷の溶損を防ぐ。

### e) 炉内圧力をわずかに正にして、冷空の侵入を防

ぐ。

## VIII. 結 言

運転以来ほぼ順調な作業を続けてきたが、それまでの経験をいかして、より一層の成績をあげるよう、現在運転中の第 4 代炉は、溶銑処理量 100 万 t を目標に、操業を続けている。

## (63) 純酸素転炉による合金鋼製造の基礎条件について

(純酸素転炉における合金鋼の製造について—I)

日本鋼管、技術研究所

○川上 公成

日本鋼管、水江製鉄所

板岡 隆

## On the Basis of Producing Alloy Steels by Oxygen Converter.

(On the production of alloy steels by oxygen converter — I)

Kiminari KAWAKAMI and Takashi ITOGA.

## I. 結 言

LD 転炉における合金鋼製造に関する基礎的検討をおこなつた。実験は 10 t 試験転炉において実施した。

## II. 基 礎 条 件

一般に LD 転炉において合金鋼を製造する際には合金元素の溶解方法から大別してつぎの 3 つの方法が考えられる。

### 1) 合金鉄溶解用電気炉を設置する場合

これは“高炉銑”を LD 転炉で精煉し、“電気炉で溶解した合金元素”と合わせる方法すなわち“cocktail 法”である。

### 2) Hot blast cupola を設置する場合

この方法においては熱風キューポラでスクラップ (合金元素を含有するスクラップあるいは普通スクラップ) を用いて溶解キューポラ銑を作り、LD 転炉に装入する。キューポラ銑は炭素および珪素は高いが、不純物であるりん、硫黄、(ことりにん) は装入材を管理すれば低く抑えることができる。このためこの方法では最初からクロムなどを含有する“top charge 法”あるいは“direct 法”でもまた“cocktail 法”でも溶者装可能である。

### 3) 珪素あるいは燃料添加による場合

この方法は前 2 者とは異り、それ程大きな附帯設備は必要としない。これは LD 転炉単独によるものである。これらの各方法の特徴をまとめて Table 1. に示す。

上記の諸方法について検討した結果、われわれは現在の国内の溶銑および屑鉄事情と附帯設備のメリットなどを考えあわせて、とくに溶解炉を使用せず、一般平炉用高炉銑を主原料とする LD 転炉単独法をまず最初を選ぶことにした。

この場合にはつぎの 2 項目が大きな前提となる。

### a) 合金剤溶解方法の開発

b) クロム等の合金元素を添加する前に高炉銑中の不純物りんは完全に除去しておかなければならない。

合金剤溶解方法については、Table 1 にも示されたいおりであるが、まず最初に鋼浴の顕熱をそのまま利用し

Table 1. Melting of alloy-steel by LD-converter.

	Process	Raw materials			Method of alloying	Possible content of alloying element of melted alloy-steel
		For melting Furnace	For LD converter	Alloying element		
The process using other melting furnace with LD converter	Hot blast cupola Direct process	Scrap. Ferro-alloy Alloy-scrap	Cupola pig iron	—	Meltin hot blast cupola and pour into LD-converter.	Up to 18-8 stainless steel
	Electric furnace Cocktail process	Scrap. Ferro-Alloy Alloy-Scrap	Blast Furnace pig iron	—	Alloying element and carbon steel are mixed after melted.	Up to 18-8 stainless steel
The process using only LD-converter	Natural melting (Single slag)	—	Blast Furnace pig iron	Ferro-alloy	Cold alloying element is added into furnace or ladle after blowing and slagging off.	Maximum 2% of alloying element
	Heating by Si (Double slag)	—	Blast furnace pig iron	Ferro-alloy Alloy-scrap	Cold alloying element is added with Si into furnace after slagging off.	Up to 18-8 stainless steel
	Heating by Fuel Oxy-fuel process	—	Scrap. cold pig iron (parly hot pig iron)	Ferro-alloy Alloy-scrap	Cold alloying element is added into furnace after other material melted.	Up to 18-8 stainless steel

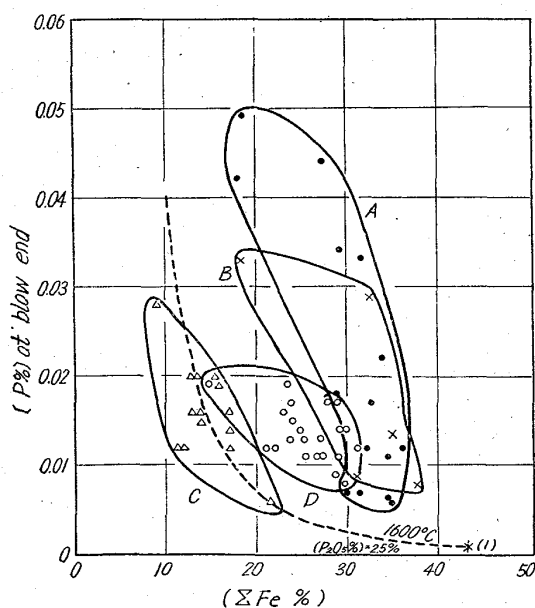


Fig. 1. Relation between ( $\Sigma Fe\%$ ) and  $[P\%]$  at blow end under different blowing conditions.

[C%]                      O<sub>2</sub> flow rate  
 A 2.0~3.50%C soft blow 1.6~2.0 Nm<sup>3</sup>/min.t  
 B 0.5~1.0%C medium soft blow 2.2~2.8 "  
 C 0.05±0.02%C hard blow 2.5~3.0 "  
 D 0.05±0.01%C multi nozzle lance 2.1~2.5 "

\* (1) equilibrium curve calculated from H. Knuppel et al.<sup>1)</sup> and A. Fischer et. al.<sup>2)</sup>

て溶解する方法について検討した。この方法は

1) 合金元素の溶解限界は、各成分を合せた場合低炭材で約1.5%, 高炭材で 2.0% 程度である。また成分適中率が問題となる。

2) ことに低炭材においては地疵、介在物など脱酸状況調整上問題がある。

このためにここではダブル・スラグ排さい後合金元素を炉中に添加する方法について述べることにする。

### III. 脱りん作業

脱りん反応には、一般にスラグの塩基度の調整、鋼浴の酸化性雰囲気強化および温度を低くする、などのアクションが有効であるが、ダブル・スラグ法によればLD転炉の特性を最大限に利用して、これらの原理を有効に活用できる。

LD 転炉における脱りん限界に関する実測値を Fig. 1 に示す。図中各グループの測定条件は Table 2. に示すごとくであるが、各グループともいずれも鋼中  $[P\%]$  におよぼすスラグ ( $\Sigma Fe\%$ ) の影響が明らかに示される。A~D グループは炭素含有量として  $0.05 \pm 0.02\%$  から  $2.0 \sim 3.0\%$  までの範囲が含まれるが、図によれば、鋼中  $[P\%]$  はスラグ ( $\Sigma Fe\%$ ) を大にすることにより炭素含有量に無関係に極めて低い値にまで下げられることが示される。図中一点鎖線は  $1600^\circ C$  に対する H. KNIPPEL u. OETERS<sup>1)</sup> の平衡値である。ここで平衡する  $[O\%]$  としてはスラグ中 ( $\Sigma Fe\%$ ) より A. FISCHER<sup>2)</sup> の式から求めた計算値を用いた。

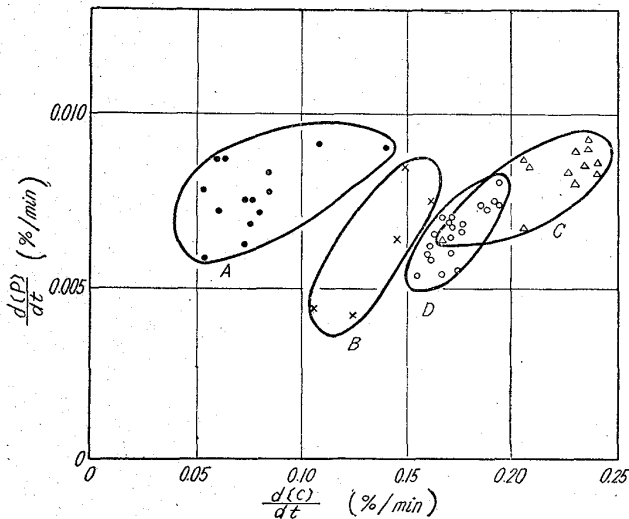
スラグによる脱りんはスラグと鋼浴との攪拌が十分におこなわれないと達成されない。LD 転炉における攪拌作用の究明はまだ充分とはいえないが、CO ボイリングによるもの、酸素ジェット吹つけエネルギーによるもの、あるいは熱対流によるものなどを考へるべきであろう。ここではCO ボイリングに関し脱炭反応との関連について調査した。Fig. 2 は脱りん速度と脱炭速度の関係を示すものである。前記各グループ内においてはそれぞれ脱炭速度が増すにつれて、脱りん速度も増加して

Table 2. Operating conditions of experimental charges.

Group	Charge		Oxygen flow Rate	Speed of Jet	At the blow end	
	Pig ratio**	Basicity			Carbon content	Bath temperature
A*	90%	3.5~4.5	Nm <sup>3</sup> /min·t 1.6~2.0	Soft blow	2.0~3.0%	1,400±50°C
B	90		2.2~2.8	Medium soft blow	0.5~1.0	1,620±20
C	90~100		2.5~3.0	Hard Blow	0.05±0.02	1,660±20
C	78~82		2.1~2.5	Multiple nozzle blow	0.05~0.01	1,620±20

\* 1st blow in the double-slag method.

\*\* [P%] in pig iron: 0.150~0.180%



[C%]                      O<sub>2</sub> flow rate  
 A 2.0~3.50%C soft blow 1.6~2.0 Nm<sup>3</sup>/min·t  
 B 0.5~1.0%C medium soft blow 2.2~2.8 "  
 C 0.05±0.02%C hard blow 2.5~3.0 "  
 D 0.05±0.01%C multi nozzle lance 2.1~2.5 "

Fig. 2. Relation between  $d[C]/dt$  and  $d[P]/dt$  under different blowing conditions.

いる。また平均として考えれば脱りん速度は、大体各グループとも大体均一レベルにあるといえることができる。

酸素の供給量が若干異なるためこのままでは比較がむづかしいが、鋼浴面における酸素の吹きつけジェットスピードをハードブローからソフトブローに落した場合には脱りん速度をあまり変化させないで、脱炭速度が低下されることが示される。ソフトブローにおいては当然酸素の脱炭効率も落ちることになるが、脱炭効率の低下をおぎなうだけの酸素供給量の増加をおこなった場合、脱りん速度もその割合で増加するかどうかについては実験が終っていないので不明である。

グループAにおいては温度が1400°C前後であることが脱りに極めて有利に効いていることはいままでのないが、ダブル・スラグの一次吹錬においては排さい作業条件などからとくにこれ以上の温度を必要としない。

なお、酸素の吹きつけ条件を変動させた場合の鋼浴酸化状況の変動については別に検討中である。

このようにLD転炉においては、前記3つの脱りに関する基礎条件のうち、酸化性雰囲気については酸素の吹きつけジェットスピードの有効活用をはかることにより、また塩基度と塩度についてはこれらを適宜に調整すれば炭素含有量0.05~3.0%程度のいかなる範囲においても鋼中[P%]をほぼ素鋼の範囲にまで低下させることができる。

なおこの際、鋼中に珪素、マンガンなど酸化性雰囲気を抑制する成分が僅かでも残留すると(ことに珪素)その他の条件が満たされても脱りんは極めて不十分にしか達成されないため、操業上ことにこの点注意が必要である。

#### IV. 合金元素添加作業

ダブル・スラグ法によつて一次滓および二次滓を排滓し、りんを完全に系外に除去した後、炉中にクロムなどの合金元素を添加する。クロムの溶解に際しては珪素との平衡関係が最も問題となる。Cr-Si-O平衡に関しては佐野、坂尾<sup>3)</sup>小島、佐野<sup>4)</sup>らの報告をはじめ若干<sup>5)</sup>の文献を参照して、それぞれクロム添加量に必要な値を共存させた。さらにその上に過剰の珪素を添加して酸素で数分間の溶解吹錬をおこなつた。この溶解吹錬は後の合金鋼材質、成分などに極めて重大な影響を与えるので注意して実施することが必要である。溶解吹錬作業のうちことに問題になるのはランス操作すなわち酸素の吹きつけ条件であるが、これは普通鋼吹錬のときと同様の特性を有し、しかも普通鋼吹錬の場合よりはるかに敏感であるようである。合金元素添加吹錬において、吹きつけ条件を種々に変化させた場合のFeおよびCrの酸化状況をFig.3に示す。図によれば、ジェットスピードが遅すぎると鋼浴は酸化され、スラグ中の( $\Sigma$ Fe%), ( $\Sigma$ Cr%)が増加し、合金元素添加吹錬においても矢張りソフト・ブローとハード・ブローの関係が存在することが示される。しかし吹錬条件を適当に選べば鉄、クロムともほとんど酸化損失をなくすることができる。

Fig.4はFe-Cr-Si-O系の酸素平衡値の計算値であるが、いずれもこのままでは問題にならない程、鋼中[O%]が高い。このためスラグについては少なくともこれ以上酸化を進行させないか、さらには鋼中酸素を吸収させるようにすることが必要である。また鋼浴について

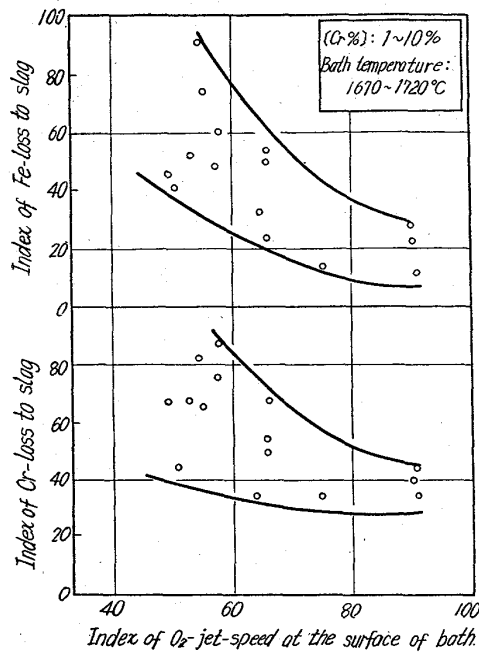


Fig. 3. Effect of O<sub>2</sub>-jet-speed at the surface of bath on the loss of Fe and Cr by "Alloying blow".

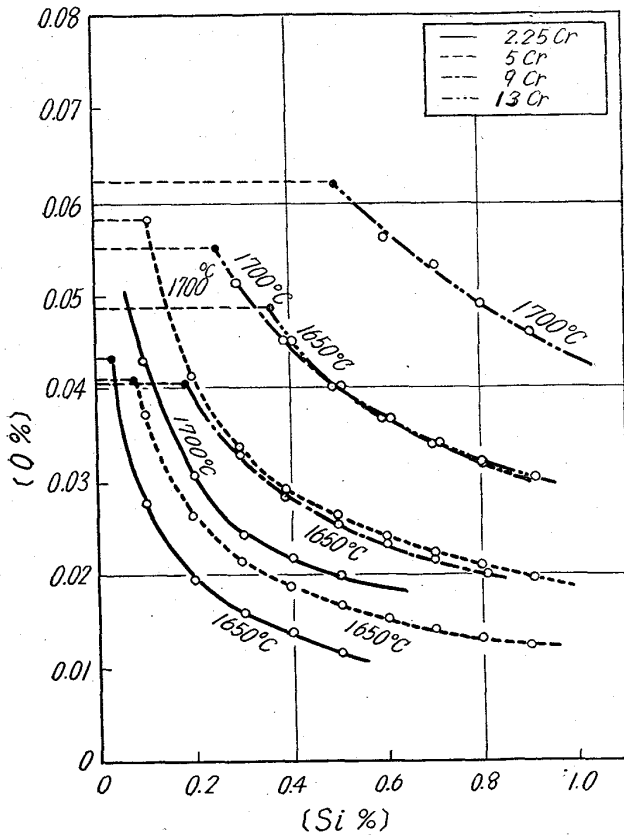


Fig. 4. Si-O equilibrium calculated at different Cr content. at 1700°C and 1650°C.

も活量の低下に伴う被脱酸性の低下をカバーするとともに生じた脱酸生成物の浮上を容易にして、鋼中酸素レベルの絶対値の減少と非金属介在物による鋼の汚染を極力

防止することが必要である。

V. 結 言

一般高炉銑を用いて LD 転炉において高合金鋼を製造する際の基礎条件を、10 t 試験転炉の実績にもとずいて検討をおこなった。

文 献

- 1) H. KNÜPPEL ü F. OETERS: Arch. Eisenhüttenw., 32 (1961) S. 799~S. 808
- 2) A. FISCHER ü V. ENDE: Arch. Eisenhüttenw., 23 (1952/53) 21
- 3) 坂尾, 佐野: 日本金属学会誌, 26 (1962) p. 236 240
- 4) 小島, 佐野: 鉄と鋼, 50 (1964), p.22
- 5) D. C. HILTY, H. RASSBACH & W. CRAFTS: J. Iron and Steel Inst. (U. K.), (1955) p. 116~128

669.184.244.66:669.15-194

(64) 純酸素転炉における合金鋼の溶製について No. 64226

(純酸素転炉における合金鋼の製造について—II)

日本鋼管, 技術研究所 ○川上公成  
日本鋼管, 水江製鉄所 板岡隆

On the Melting Practice of Alloy Steels by Oxygen Converter.

(On the production of alloy steels by oxygen converter — II) pp.1715~1718

Kiminari KAWAKAMI and Takashi ITOOKA

I. 結 言

転炉による合金鋼製造に関する基礎的問題, すなわち溶製方法, 製錬過程における物理化学的考察などについて, さきに述べたが, 本報告においては, 転炉における合金鋼製造の実例として, 当社, 川崎製鉄所, 転炉工場内の 10 t 試験転炉において行つた研究結果に基づき

Table 1. Kinds of steel produced by LD-converter.

No.	Kinds of steel	Corresponding specification in JIS	Products	Use
1	SCM-3	SCM-3	Medium C-alloy-steel	Bars and tubes for machine structural use
2	STKS-3	STKS-3		
3	1Cr-0.5Mo	STBA-22	Cr-Mo-steel for boiler tubes	Tubes for boiler, heat exchanger and chemical use
4	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Cr-0.5Mo	STBA-23		
5	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Cr-1Mo	STBA-24		
6	5Cr-0.5Mo	STBA-25		
7	9Cr-1Mo	STBA-26		
8	13Cr	SUS-21	Ferritic stainless steel	Sheets tubes for boiler, heat exchanger and chemical use
9	18Cr-8Ni	SUS-27		