

Fig. 3. Relation between metal-yield and pig ratio.

Fig. 3 は各溶銑配合率において機械的損失を除いて到達し得る最高歩留と炉代毎の平均製出鋼歩留実績を操業条件で層別して示したもので比炉内容積および送酸速度が変化したときの平均製出鋼歩留への影響が表われている。また、同図の重装入実績から送酸速度が一定の場合には溶銑配合率の上昇によつて機械的損失が増加する傾向にあることがうかがわれる。

(2) 送酸速度別の溶銑配合率と炉内容積の関係

製出鋼歩留一定となる比炉内容積転移点が溶銑配合率によつて変化することは前項で明らかとなつたが、炉内反応を律速し酸素噴流による物理的な浴攪拌状態に影響を与える酸素流量が噴出を大きく左右する因子であることから、送酸速度を変化させたときの調査実績を一括して示したものが Fig. 4 である。酸素流量を変化させたときの吹錬条件はノズル口径を一定とし、酸素透過度および鋼浴の平均攪拌強さがほぼ同一条件となるランス高さを採用した。また、送酸速度の差異については吹錬終了点温度調整用としてのミル・スケールが前装入で使用されていることから各溶銑配合率で吹錬時間 (mn/t·pig) として規制することは噴出に対してあまり意味がないので現状の操業条件 (出鋼量のバラツキ) 内での酸素流量差による影響をみることにしたものである。

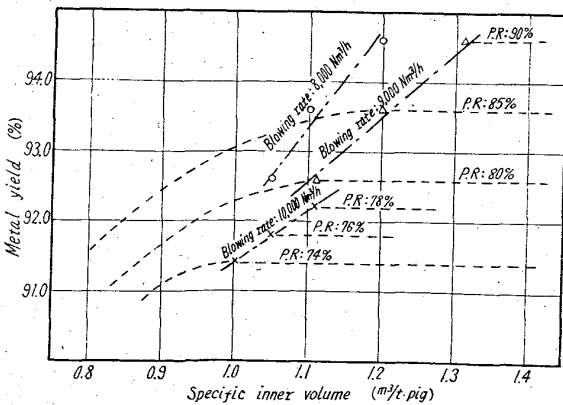


Fig. 4. Effect of blowing rate on the transition period.

送酸速度の装出鋼歩留におよぼす影響は Fig. 4 から明らかになく比炉内容積転移点の移動といった形で表われる。すなわち炉代の平均製出鋼歩留は装入量の変動に伴う機械的損失による歩留低下が生じる期間の長短によつて影響が表われることになる。

各溶銑配合率に対する比炉内容積転移点への送酸速度の影響は溶銑配合率が比較的低い場合その影響度は小さいが、高くなるに伴つて送酸速度別の溶銑配合率に対する比炉内容積転移点の差は大となつている。これは噴出の惹起する高炭素領域での脱炭速度が酸素の供給速度に支

配され、溶銑配合率が高くなるにしたがつて噴出を起し易くする条件の整うことから当然の結果と考える。

IV. 結 言

溶銑配合率の上昇に伴い製出鋼歩留は向上するが、操業条件のなかで製出鋼歩留におよぼす炉内容積、送酸速度の影響について明らかとした。安定した製出鋼歩留を得るためには比炉内容積に転移点があり、それ以上炉内容積を増大しても製出鋼歩留の上昇はみられず、その転移点は溶銑配合率および送酸速度によつて変化する。

669, 184, 244, 66, 669, 046, 545, 4  
 (64) 純酸素転炉における出鋼時の復 P 要因について  
 日本鋼管川崎製鉄所 63064  
 板岡 隆・斎藤 剛・室賀 脩  
 Rephosphorization Factors at Tapping of L. D. Converter. 408~410  
 Takashi ITOGA, Katashi SAITŌ and Osamu MUROGA.

I. 緒 言

当工場では高級キルド鋼を現在日常作業的に出鋼しており、品質上平炉鋼に較べて優るともおとらないものを得ている。高級キルド鋼は材質的に低 P であり、かつ、非金属介在物 (地疵) の少ないことが要求される。このために当工場では出鋼温度を高くして下注造塊法を採用しており、6 t 鋼塊では終点温度 1640°C ~ 1700°C, 1 t 鋼塊で 1670°C ~ 1710°C を目標としている。しかるに、斯様に溶鋼温度を高くすることは脱 P に不利になる許りでなく、たとえ吹錬終了時に鋼浴中の [P] をある値まで下げても取鋼分析値の P はこれより上昇すること、すなわち復 P 現象が顕著となることが知られている。したがつて出鋼時の復 P 現象は高級鋼溶製時に特に重要事項となつて来る。これに対してわれわれは実操業上種々対策はとつているが、変動要因が多種多様にわたるので、まず如何なる要因が復 P に影響しているかを調査するた

めに、IBM 7070 による重回帰分析を行なった。

II. 解 析

(i) データ：1961 年 12 月～1962 年 9 月の約 10 カ月間に出鋼したチャージの中らつぎの鋼種をデータとして使用した。

リムド鋼：C 0.05～0.27%，P 0.010～0.045%

キルド鋼：C 0.10～0.50%，P 0.010～0.040%

(ii) 特性値：復 P% = 取鍋内 P% - 終点 P%

(iii) 要因：復 P は終点時の metal-slag 系の状態と出鋼時のアクションとによつて決ると考えられるが、系の状態を完全に表わすだけ充分に要因の計数的把握ができないので、今回は終点 P に影響あると思われる要因、すなわち、脱 P のための要因についてもとりあげて解析した。

Fig. 1 は復 P の特性要因図で、    内の要因を本解析に使用した。なおリムド鋼では復 P が理論的にみて、キルド鋼と異なつていふと考えられるので、層別因子としてキルドとリムドを別々にとりあげた。

(iv) 計算：a) 復 P に関する重回帰分析

b) 要因および特性値間の単相関係数

計算は A, B, C, D の 4 つの計算を行なった。A, B 計算はリムド、キルド両者を含むもので、その後データを追加してキルドのみ C, D の計算を行なった。要因の内、鋼滓成分については分析値のあるデータが不足していたことと、試料採取上からデータの信頼性にやや懸念がもたれたので要因から外した A, C 計算と含めた B, D 計算を別に行なった。結果から判断して両計算に大差なく、滓分析値に信頼がおけるといふよう。

III. 解析 結果

重回帰分析 D 計算の解析結果を Table 1 に示す。

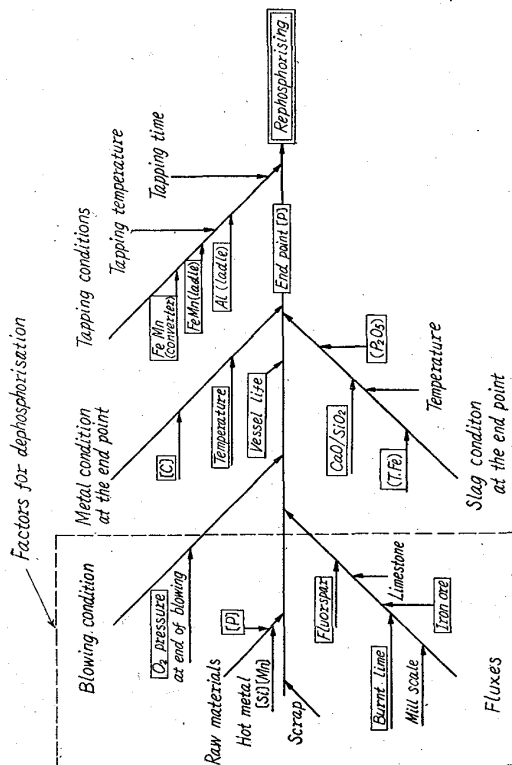


Fig. 1. Characteristic-factors diagram.

Table 1. Results of multiple regression analysis by IBM 7070 computer (Calculation D)

	Constant	Hot metal [P]%	Burnt lime (kg)	Iron ore (kg)	Fluorspar (kg)	End point [C]%	End point [P]%	End-point temperature (°C)	Oxygen pressure at the end of blowing (kg·cm <sup>-2</sup> )
$\bar{x}$		0.1862	3139	625.8	256.9	0.1290	0.02080	1650	5.361
$\beta$	$-7.820 \times 10^{-2}$	$5.7384 \times 10^{-4}$	$-1.346 \times 10^{-6}$	$-3.878 \times 10^{-6}$	$2.012 \times 10^{-4}$	$2.566 \times 10^{-8}$	$-5.436 \times 10^{-1}$	$6.356 \times 10^{-5}$	$3.092 \times 10^{-4}$
	Fe-Mn (in ladle) (kg)	Fe-Mn (in converter) (kg)	Vessel life 1~100: 1 101~200: 2 201~300: 3 301~ : 4	Al (in ladle) (kg)	End point (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)	End point (T, Fe) (%)	End point CaO/SiO <sub>2</sub>	V <sub>T</sub>	31.31
	95.55	238.2	2.174	22.11	2.806	15.00	3.986	V <sub>E</sub>	20.24
$\bar{x}$		$1.131 \times 10^{-5}$	$-6.865 \times 10^{-4}$	$6.802 \times 10^{-5}$	$1.121 \times 10^{-8}$	$-5.822 \times 10^{-4}$	$-1.112 \times 10^{-8}$	r <sup>2</sup>	0.3534
$\beta$	$8.291 \times 10^{-6}$								
									Rephosphorised [P]%
									$4.333 \times 10^{-8}$

Level of significance \*\* 99%, \* 95%, x 90%

Number of data 219; Number of factors 15;

## IV. 解析結果の考察

## (A) 偏相関係数

(i) 溶銹[P] %: A, C 計算では極めて有意であるが, B, D 計算では有意に出ない. これは溶銹[P]と(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)との間に強い単相関があるため(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)が有為, 若しくは有意に近く利いて来るためであろう.

(ii) 鉄鉱石: 鉄鉱石は吹錬中に滓に適度の(T, Fe)を供給し, かつ終点温度を低下させるので, 脱Pを促進するとともに復Pを防止する.

(iii) 終点P: いずれの場合も有意水準は1%~0.1% (tで-9.8~-11.6)と極めて高く, 単相関係数(rで-0.49~-0.65)も有意である. 同一吹錬法をとった際0.01%だけより低く終点を下げても約0.005%は復Pしてしまうわけであり, 脱Pに関する研究は, 単に終点[P]についてのみ論ずるだけでは実際作業上の意味が薄くなるといえよう.

(iv) 終点温度: 高度に有意である. したがって終点Pを低くして高温出鋼することは容易ではないが, さらに復P程度を考慮すれば, なお終点時にPを下げなければならない.

(v) 終点酸素圧: C 計算では有意である. これはT, Feとの関係によるものであろう.

(vi) FeMn: 炉内, 鍋内とも有意であるが, 炉内使用の方が偏相関係数も大きく, tの値も高い. この理由は, 炉内では鋼滓層をFe-Mnが貫通すること, 鋼滓の存在下で溶鋼とFe-Mnが反応するのに反し, 取鍋内でFe-Mnが反応する時点では鍋に滓が入らず, 滓と反応しないためと考えられる. これは取鍋内Alおよび層別因子キルド, リムド(換言すれば取鍋内AlおよびFe-Si)が有意に出ないことにもあてはまると考えられる.

(vii) 鋼滓成分: 理論的な推定通りの傾向である. すなわちT, Fe CaO/SiO<sub>2</sub>は高い程復Pを防げ(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)は逆に復Pを進行せしめる.

## (B) 単相関係数

(i) 特性値と要因間については終点[P]のみ有意である.

(ii) 要因間の単相関は多数にのぼり理論的裏付のあるもの, ないもの, ともにあつた. 普通重回帰分析では, 強い単相関のあるものは除いて計算し, 精度を上げるが上記の如く要因間の単相関が錯綜しており, また全く理論的に考えられないもの同志が相関していたりするので, 一応今回は要因をすべてとりあげたが, この問題は, 今後検討する必要がある.

## V. 計算および作業への応用

解析結果から復Pの算定式を作ると, たとえば[D計算]で復P% $\times 10^3 = -78.20 + 5.738 \times 10^{-1} \times$ 溶銹P% $- 1.346 \times 10^{-3} \times$ 焼石灰kg $- 3.878 \times 10^{-3} \times$ 鉄石kg $+ 2.012 \times 10^{-4} \times$ 螢石kg $+ 2.566 \times$ 終点[C]%- $5.436 \times 10^2 \times$ 終点P% $+ 6.356 \times 10^{-2} \times$ 終点温度 $+ 3.092 \times 10^{-1} \times$ 終点O<sub>2</sub>圧kg/cm<sup>2</sup> $+ 1.131 \times 10^{-2} \times$ Fe-Mn(炉内)kg $+ 8.291 \times 10^{-3} \times$ Fe-Mn(鍋内)kg $- 6.865 \times 10^{-1} \times$ 炉令係

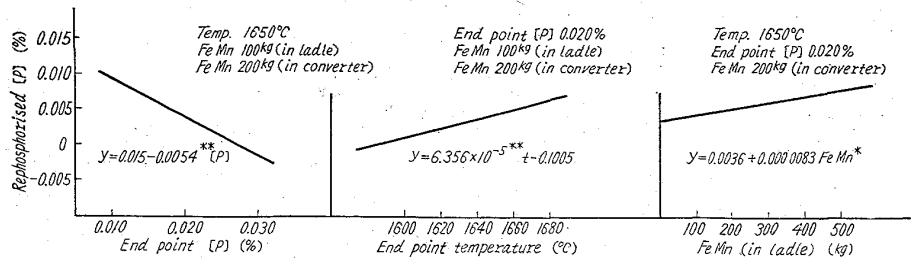


Fig. 2. Influences of end point [P] %, end-point temperature and Fe Mn (in ladle) on rephosphorised [P] %.

数 $+ 6.802 \times 10^{-2} \times$ Al(鍋内)kg $+ 1.121 \times$ (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)% $- 5.822 \times 10^{-1} \times$ (T, Fe)% $- 1.121 \times$ CaO/SiO<sub>2</sub>.

終点温度(t)1650°C, 終点P([P])0.020%, 炉内Fe-Mn 200kg, 鍋内Fe-Mn(M<sub>2</sub>)100kgとし他の要因は全平均値を代入すると復P%=0.00437である. ここでt[P]M<sub>2</sub>をおのおの単独に変動させた時の復P%がFig. 2である. 実際のデータをプロットするとほぼ一致する. つぎにある温度でPを目標素鋼成分値にするには, 上記の式より復Pを計算して終点P%を決定し実作業に使用している.

## VI. 結 言

(i) 今回の調査で終点P%終点温度, Fe-Mn投入量(炉内, 鍋内), T, Fe, CaO/SiO<sub>2</sub>, 溶銹P%, 鉄鉱石, 終点酸素圧が復Pに影響することが判明した.

(ii) 目標成分および製鋼条件より終点時の必要十分なP%が決るのでPの規格外れ乃至は規格上限一ぱいの素鋼P%をうる事がさけられるようになった. 調査研究の前後でキルド管材の素鋼P%が0.0255%より0.0186%に低下している.

(iii) 復Pを減少するための要因中溶銹P, 終点温度等その値を変更しえないものが多いので本解析による管理以外に, 更に復P低下の積極的な技術的アクションを研究するべきである. 現在a) 滓絞りの強化, b) 滓硬化石灰の使用, c) FeSi-Coke 昇熱法等を採用して復P抑制に効果をあげている.

669,184,244,66:669,184,232,142

=669,012,1-52:681,38

(65) 純酸素転炉終点決定計算機に

ついて

63065

(純酸素転炉の計算機制御の研究-I)

富士製鉄広畑製鉄所

410~412

渡辺 省三・平尾 英二・本間 悦郎

大久保静夫・古垣 一成

Computer for Controlling the End-Point Temperature.

(Study on computer control of L. D. process - I)

Shōzō WATANABE, Eiji HIRAO,

Etsuro HONMA, Shizuo OKUBO

and Issei FURUGAKI.

## I. 結 言

純酸素転炉の計算機制御の可能性は早くから論ぜられ