

(ç4B(ò V ç3?!T _ > E • 2 - ¼ Ñ µ j ¥ á ° ß î Ý • /j b6ä\$Î

Development of BOF Dynamic Control Technique

8ä#ã *O (Yoshiharu Iida) ä • 6 (Kanji Emoto) 7' < Â j (Akihiko Nanba)
 J , e7 (Hideo Take) u# ã (Tsuyoshi Tsuchida) 9 x « (Hideyuki
 Takahashi) `] G ¾ (Masakatsu Ogawa) p2 ° (Shigeru Nakaji) Q#ã ã#è
 (Yasuo Masuda)

0[" :

È á0 5r d _ > 8 Z > * § È Û á « †#Ý 8 Z ç6 p b3?!T!T Æ" g # † K > * Q b † b ç6
 364(† Ý G M • 2 - ¼ Ñ µ j D š • /j \ > * ç6) ç%\$ † ½!T M • G \ ^ C § á È Û á ç †
 /œ :! " ½!T î • /j † & ' g K S G € } b • /j 6ä\$Î b Î - á ° c b \ > ~ [6 • > & > / > '
 - á § È ß î È b + - . % T + : µ S † < S9x ™ 8 — ö † w M • 2 + - . § È Û á « /æ*(b6ä\$Î
 > & > 0 > '9x(- Ø [P5ð!c(ò ð Ø † M • S u b - á § È ß î È > * > | g ú 2 ^ § á È Ý †
 " • S u b § á È Û á ç È ß î È b6ä\$Î > & > 1 > ' D š(- Ø b, 8 2 - ¼ Ñ µ j D š Ô 1 Ý b
 6ä\$Î # ' ~ § È Û á « /æ*(c 99 > # è V b9x' > " á †) T â K > * Ø \$ x p " á 95 > # > * ! c(ò ð Ø \$ x
 p " á c9x!c(ò5ð [v 87 > # b ò B) ¼ † > | u Z 8 •

Synopsis :

A BOF dynamic control system has been established at Mizushima Works, whereby temperature and C content of molten steel during blowing are measured by the substance to permit a good end-point control through modification, as required, of the subsequent blowing conditions, and a sampling system is made possible immediately at blow end without tilting the furnace. Major points of these technical developments are as follows: a full-automatic and reliable substance mechanism including setting and removing a sensor probe; a sensor probe for measuring bath temperature and C content with high accuracy, and a sampling probe for obtaining suitable sample; a dynamic control model with high accuracy. At present, the availability of substance system is above 99%, and such high hit rate as 95% for temperature and 87% for C content are attained even in blowing high carbon steels.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

純酸素上吹転炉における
ダイナミックコントロール技術の開発

Yoshiharu Iida

Kanji Emoto

難波明彦***

武英雄***

土田剛*****

高橋英幸*****

Tsuyoshi Tsuchida

Hideyuki Takahashi

小川正勝*****

中路茂*****

Masakatsu Ogawa

Shigeru Nakaji

増田康男*****

Yasuo Masuda

1. 緒 言

転炉製鋼法は炉内反応が急速で生産性が高いが、それだけに吹錬終点の溶鋼の温度や成分、特に炭素濃度を目標に的中させることは容易でなく、またこの的中率が転炉の生産能力に大きな影響を及ぼすため、終点制御に関して多大の努力が払われてきた。当社においては、転炉導入の初期から物質バランスと熱バランスを基礎としたスタティック制御モデルが考案され、今日もお吹錬制御の基礎となっているが、このモデルはあくまでも吹錬の初期条件に基づいて構成されたものであり

へ連続的に投入できる自動投入装置を完成し、吹止溶鋼温度の的中を目的としたダイナミック制御法のオンライン化に成功した²⁾。これにより吹止溶鋼温度的中率はスタティック制御のみと比べ10～15%向上した。

しかし、溶鋼炭素濃度を含めた終点同時的中率を飛躍的に向上させるためには、吹錬中に炉内溶鋼の直接サンプリングおよび測温を可能とするサブランス設備の開発が不可欠であるとの結論に達し、1971年初めより水島製鉄所においてその開発に着手した。設備として十分にその機能を発揮するためには、測定プローブの着脱を自動化すること

吹錬過程の変化に追従できず、的中率にはおのずから限界がある。そこで水島製鉄所では、吹錬中に炉内の反応状況を把握し、その情報に基づいて吹錬軌道を修正する、いわゆるダイナミック制御の開発を進め、サブランスによるダイナミック制御技術および無倒炉操業技術を確立した。

本報では、その開発経緯およびサブランス設備、測定技術、制御モデルなどの概要を述べる。

2. 転炉吹錬制御技術の開発経緯

サブランス設備にはまだ存在しなかったプローブ自動着脱機能を含めた完全自動サブランス設備の開発を進め、1972年末に試作1号機を設置し、1974年6月には完全自動設備を完成した。さらに、溶鋼炭素濃度を決定する良好な凝固温度波形を得るための測定プローブやダイナミック制御モデルの開発によりダイナミック制御技術が確立した。

現在、水島製鉄所では6基の転炉すべてにサブランス設備を設置しており、吹止溶鋼温度的中率

Table 1 History of BOF blowing control in Kawasaki Steel Corp.

は約95%、吹止溶鋼炭素濃度の的中率は高炭素鋼 (C > 0.3%) でも約87%の成績を収めている。ま

Table 2 Out-line of steelmaking plant at Mizushima Works

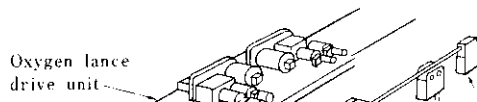
Steelmaking order (cont.)

1. 上の自由座標系) 駆動装置、各部器、検出器、制御装置、電源装置、

ある。千葉製鉄所第2製鋼工場は、排ガス処理設備としてヒートボイラ (Wagner biro type) を備

にプローブを装着するロボット方式であるので、装着時にプローブを破損する恐れがなく、確実な

当サブランス設備を容易に設置することができた。(3) 測定サイクルタイムが短い。転炉の大きさおよびサブランスへのプローブ装着の信頼性が高い。よびサブランス設備のレイアウトによりこのサイ



クルタイムは異なるが、水島製鉄所の場合、プローブ回収無しの場合82s、プローブ回収の場合95s

昇降速度は、低速、高速の2段速度で十分である。したがって、2台の交流誘導電動機により機能を

である。実験目的で連続的に測定する場合有利である。

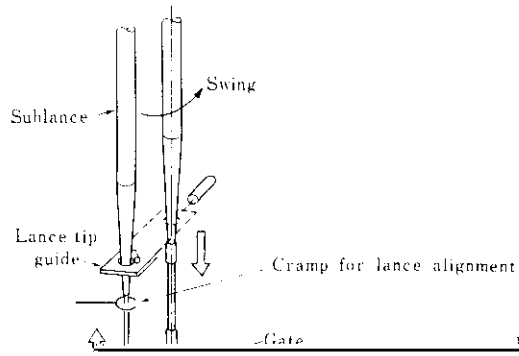
十分満足できる。なお測定中の停電事故に対処するため、非常上昇専用直流電動機を配備した。

(4) 大きな容量のプローブ回収装置を設置すべき (9) 水平移行装置

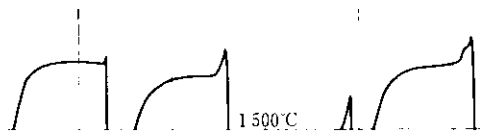
炉真上に設置する必要がないので容量に関する自由度が大きい。

転炉炉口真上の測定位置と炉口から離れた位置に設置されているプローブ着脱装置の間で、サブ

(5) ... (6) ... (7) ... (8) ... (9) ...



吹錬中に使用される中間測定用プローブは、溶鋼温度および炭素濃度を精度よく測定できなければならない。特に、溶鋼炭素濃度を正確に測定するためには、温度計測機器の精度が高いことが必要である。



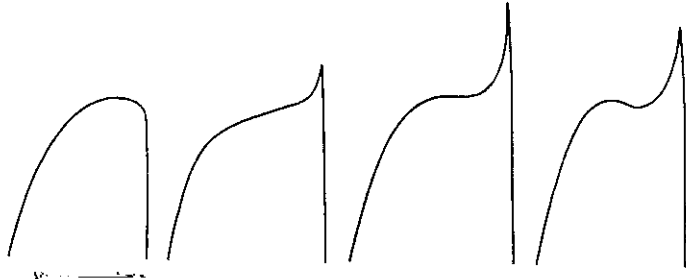


Fig. 6 Pattern of cooling curve

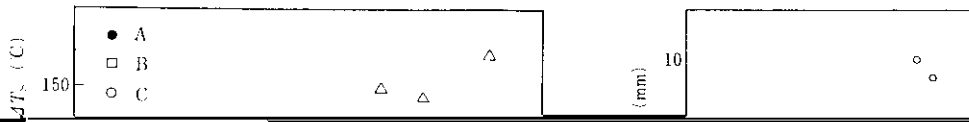
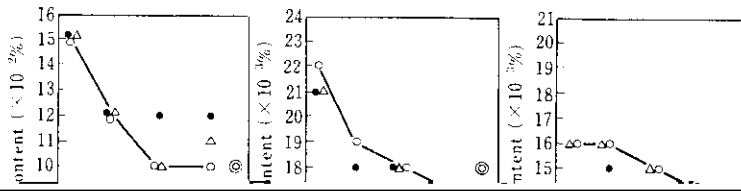


Table 4. Relationship between finishing temperature T_s ($^{\circ}\text{C}$) and analyzed carbon content [%C]

Cooling pattern	Regression of [%C] on T_s	Standard deviation (%)
-----------------	-----------------------------	------------------------



Time after
blow end (min)

Time after
blow end (min)

Time after
blow end (min)

△ Sublance sample from the depth of 425mm

○ Sublance sample from the depth of 700mm

◎ Manual bomb sample after turn down

Fig.9 Change of C, P, S content after blow end

Calculation of

Blow start

G : 補正回帰関数
 α : 補正項

r : 定数
昇温速度 $H(Y)$ は DCP に 10 分属別された過法

42-2 測定～吹出法を以て試験器具 ————— の中継系 ————— は 各々 4 回 測定 結果 平均 値

8. 結 言

軸とした測定技術を確立しつつあり、近い将来単なる吹錬のプログラム化による自動吹錬にとどまらず、時々刻々の炉内情報を把握し、吹錬開始か

吹錬中の炉内反応の進行状況を知る手段の一つから終点までを総合的にダイナミック制御する自動