

高炉炉頂における装入物イメージセンサ*¹

村川 恵美*² 小西 行雄*³ 田口 整司*⁴ 浜田 尚夫*⁵

Image Fiber Probe for Detecting Particle Size of Burden at Furnace Top

Sigemi Murakawa, Yukio Konishi, Seiji Taguchi, Takao Hamada

1 はじめに

高炉の操業管理手段として炉頂の装入分布物制御が占める役割は大きい。近年、装入物プロファイル、炉内ガス流分布を計測するセンサの開発などにより装入物分布制御技術の向上が図られてきた。しかし、細粒原料の使用や銑中 Si 濃度低減など、さらに多様化、高度化した高炉操業への要請に応じるためには装入物分布はより細かく、かつ定量的に制御する必要がある。このように精度のよい装入物分布制御を達成するには炉頂における装入物粒度分布を知ることが一つの重要なポイントとなってきた。そこで稼働中の高炉において炉頂半径方向の任意の位置で装入物の粒度測定が可能で、しかも装入物分布を乱さないセンサを開発した。ここに、その概要を紹介する。

2 装置概要

2.1 装置の構造と仕様

本装置の全体構成を Fig. 1 に示す。Fig. 1 のように台車に固定した親ゾンデ (Support probe) を炉内方向へ移動させ、先端部が所定位置に来たところで停止する。次に、子ゾンデ (Flexible probe) を先端が装入物表面に達するまで降下させ、ファイバーを通して得られた映像を録画する。このような方法によって高炉半径方向の粒度分布を測定することができる。

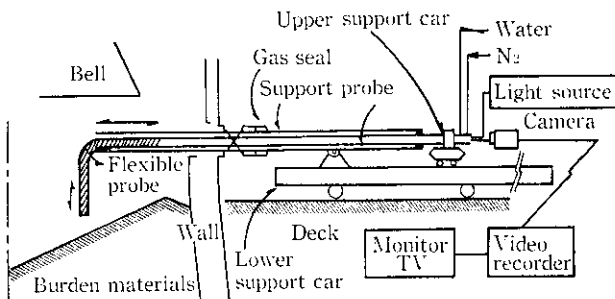


Fig. 1 Schematic representation of particle size measurement system at furnace top

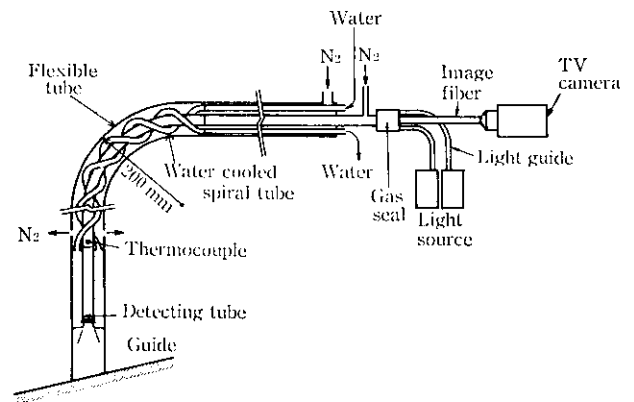


Fig. 2 Structure of particle size measuring probe

Table 1 Specifications of particle size measuring probe

Item	Specification
Detected part (Image fiber)	
Detector	30 000 element image fiber
Detecting limit	0.8 mm
Vision angle	40°
Curvature radius of flexible tube	≥150 mm
Range of size detected	0.8 mm~75 mm
Cooling system	Water cooling + N ₂ gas
Max. temperature	800°C
Diameter of flexible tube	60.5 mm

Fig. 2 に装入物イメージセンサの構造を示すが、ファイバー保護のため子ゾンデは N₂ ガスと水による複合冷却を行っている。フレキシブル部は 4 本の水冷管がファイバーをラセン状に取り巻き、その回りを冷却用 N₂ ガスが流れる構造としている。Table 1 に本ゾンデの仕様を示す。また、特徴をまとめると次のようになる。

- (1) 炉半径方向任意のポイントで測定できる。
- (2) 非測定時にはゾンデを炉外待機できるため保守性に優れている。

*¹ 昭和63年 3 月 10 日原稿受付
*² ハイテック研究所 LSI 研究センター
*³ 鉄鋼研究所 プロセス研究部製鉄研究室 主任研究員(樹長)

*⁴ 鉄鋼研究所 プロセス研究部製鉄研究室 主任研究員(課長)
*⁵ 鉄鋼研究所 プロセス研究部製鉄研究室 室長(部長)



Photo 1 Particle size of coke detected by image fiber probe

(3) 測定中装入物分布を乱さない。

2.2 粒度測定方法

測定方法はビデオで録画した映像 (Photo 1) を、汎用画像解析装置 LUZEX-500 を利用して、個々の粒子径 d_i を投影円相当径として求める。複数個のサンプルの平均粒子径 D_F は次式から面積平均径として与えた。

$$D_F = \frac{\sum n_i d_i^3}{\sum n_i d_i^2} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 n_i : 粒子個数
 d_i : 個々の粒子径

3 測定結果

3.1 オフラインテスト

あらかじめ粒径を実測したサンプルを本装入物イメージセンサの測定値と比較した結果を Fig. 3 に示す。粒径が 50 mm 以下ではほぼ一致するが、それより大きい場合には実際の粒径より小さくなっている。これは図の測定条件では粒径が大きいと粒子が映像からはみ出してしまうためである。コークス粒径が大きい場合にはファイバー先端と対物距離を大きくして測定すればよく、粒度範囲に応じた調整する。

3.2 実炉測定

千葉製鉄所第 5 高炉炉頂に設置した装入物イメージセンサによる半径方向の平均粒子径分布の測定例を Fig. 4 に示す。第 5 高炉はムールブルアーマー方式の装入装置を持ち、コークスは 1 バッチ/チャージ、鉱石は 2 バッチ/チャージ (C ↓ O₁ ↓ O₂ ↓) で装入している。コークスの平均粒子径 $D_F(C)$ は炉中心に向かうほど増大し、装入時の偏析が大きい。1 バッチ目の鉱石の平均粒子径 $D_F(O_1)$ は炉中心から 1 m 以内のみ粒径が大きくなっている。中心部ではコークス塊が装入時の衝撃で混入したこと、および鉱石装入時の篩い効果による通常の偏析が原因であると推定される。2 バッチ目の鉱石 (O₂) は細粒鉱で炉壁付近に装入しており、炉壁近傍は細粒が多く、炉中心部には細粒鉱が少量しか到達していない。2 バッチ目の鉱石平均粒子径 $D_F(O_2)$ にその結果が現れている。

このように、実炉での測定結果により装入物分布制御アクションを定量的に評価できる。

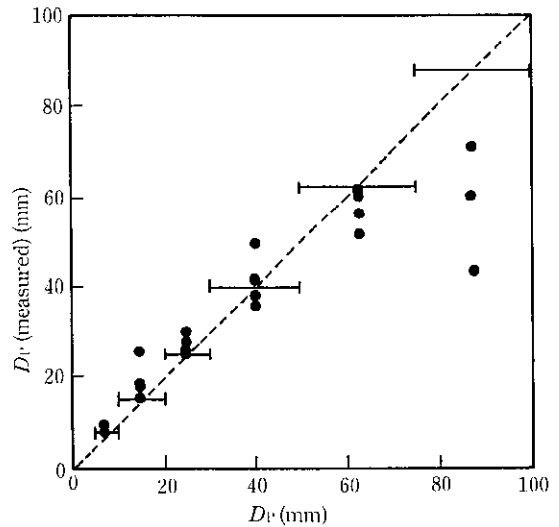


Fig. 3 Comparison of particle size measured by image fiber with actual particle size

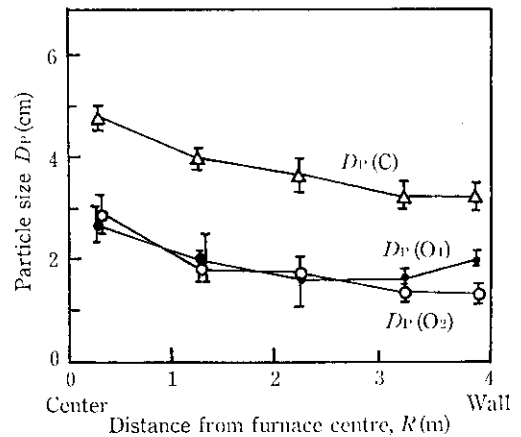


Fig. 4 Radial particle size distribution of burden at furnace top measured by image fiber

4 その他の測定機能

- (1) 装入物プロフィール測定
 ゾンデの装入位置を検出しているため、装入物イメージセンサのプロブ先端が装入物表面に到達したタイミングをとらえれば装入物プロフィール計としても機能する。
- (2) 装入物の流動化の検出
- (3) 装入物の流れ込みの検出
- (4) 炉中心部のコークス赤熱部の監視
 上記の (2) から (4) はどれも光ファイバーを搭載した炉内監視センサとしての活用である。

5 おわりに

本装入物イメージセンサにより装入アクションに対応した粒子径分布を定量化し、装入物分布制御に大いに役立っている。また、本センサは炉内監視センサとしても機能し、種々の有効な情報を得ている。