

観察装置付き高炉シャフト自動吹付機

Observational Automatic Gunning Equipment (Auto-BX) for BF Shaft Repair

笹井 洋一^{*1}
Yoichi SASAI

奥原 潤一郎^{*2}
Junichiro OKUHARA

小橋 堯文^{*3}
Takafumi KOBASHI

Abstract

It's useful to know the extent of the refractory lining damage condition before beginning BF shaft gunning repair. Furnace operators will be able to plan a furnace repairs with adequate consideration. Furthermore, it will be possible to judge if the repair attempt was successful.

Our company has developed the observational Auto-BX, which makes it possible to see the whole circumference of the BF shaft lining making it possible to see a more detailed view of the refractory lining than with conventional visual observation. In this report, we will describe this equipment.

1. 緒言

高炉シャフト部は、鉄鉱石やコークスにより炉壁耐火物が耗損するため、定期的に吹付け補修を行う必要がある。そこで、当社では高炉延命化技術の一環として高炉シャフト吹付け補修工事を各所で展開しており、高炉炉頂より自動旋回吹付機（呼称、オートBX；オートボックス）を装入し、吹付け補修を行っている。

しかしながら、吹付け前後の炉内状況確認は人が炉頂マンホールから覗き込んでの目視であるため凹凸度合いの詳細がわかりにくかったり、死角となって確認できない部分があったりした。また、炉内確認作業時にはCOガス吸引の危険性があった。

そこで、当社では炉内全周を観察することができる観察装置付きオートBXの開発を行ったので、以下に紹介する。

1. Introduction

Because the refractory lining of the shaft is damaged by iron ore and coke movement, gunning repair is necessary for furnace wall protection. So, repairing the BF shaft with gunning materials has been commonly performed as one of the various measures for prolonging blast furnace life. Our company has been manufacturing Auto-BX; automatic gunning repair equipment for BF shafts.

In visual observation, we were not able to visually observe the lining conditions such as the concavo-convex level and dead zone in detail. Moreover, there was a risk of CO gas inhalation from the furnace during visual observation.

Therefore, we developed observational Auto-BX which makes it possible to see the whole circumference of the BF shaft lining. The

*1 技術研究所 第2研究グループ チームリーダー Team Manager, Unshaped Refractories R&D Group, Research Center

*2 技術研究所 第2研究グループ 主任研究員 Managing Research Engineer, Unshaped Refractories R&D Group, Research Center

*3 技術研究所 第2研究グループ Unshaped Refractories R&D Group, Research Center

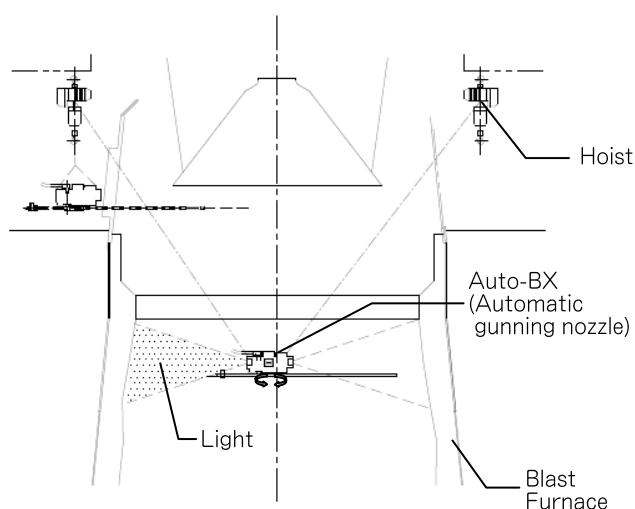


Fig. 1 Outline of dry-gunning system in BF shaft.

2. 装置概要

Fig. 1に高炉シャフト吹付け補修の概要図を示す。従来のオートBXは装入用マンホールからチェンブロックで炉内に吊り下げられ、チェンブロックを巻き下げ巻き上げすることで上下方向の移動を行い、ノズルを旋回させて吹付けを行う。炉内はオートBXに取付けられた照明で全周が照射されており、オペレータはエアラインマスクを着用し、吹付け状態を確認しながら操作を行っている。しかし、エアライン装着者以外の方は炉内を直接見ることができないため、吹付け前後の炉内状況をモニタで確認できるようにオートBXに観察装置を取付けた。

Fig. 2に高炉シャフト炉内観察のシステムフロー図を示す。カメラシステムはオートBXに搭載するカメラおよびカメラ制御用ケーブル、炉外にてカメラ操作および観察を行うためのカメラ制御ボックス、液晶モニタ、記録装置にて構成される。

Fig. 3, 4に観察カメラを搭載したオートBXの概要図を示す。観察カメラは粉塵やリバウンドによる汚れ防止およびベルや原料装入シュートとの干渉による破損防止として、施工（装入・気吹き・吹付け）中はオートBX内部に観察カメラを収納

following is a description.

2. Outline of Observational Equipment

Fig. 1 shows an outline of the gunning system for BF shaft repair. Our conventional Auto-BX is hung from a manhole. It can be operated by hoists. The nozzle is rotated in order to gun.

The complete circumference of the BF shaft inside is lighted by a halogen lamp within the Auto-BX.

An operator wears an air-line mask, and performs the gunning operation while observing the state of the gunned body. However, The BF shaft cannot be observed without an air-line mask. We installed observational equipment in the Auto-BX in order to observe the situation of the BF shaft by monitor.

Fig. 2 shows a system flow diagram of the observation equipment in the BF shaft. The camera consists mainly of a camera for BF shaft repair, electric cable, control box, monitor, and recording device.

Figs. 3, 4 show the appearance of observational Auto-BX. To protect the camera from dust and rebound material, and the BF injection shoot, it is stored in the camera room during installation (Auto-BX inserting, cleaning, gunning) and raised above the Auto-BX by a camera raising device.

Observational Auto-BX has the following characteristics and functions.

1) Camera Functions

The Camera has the function of endless rotation and tilt for observing the whole circumference of the BF shaft. It also has the functions of focus, iris, zoom, and can be operated by remote control from outside the furnace.

2) Cooling of camera room

The furnace temperature is 350°C when Auto-BX is inserted to the BF shaft.

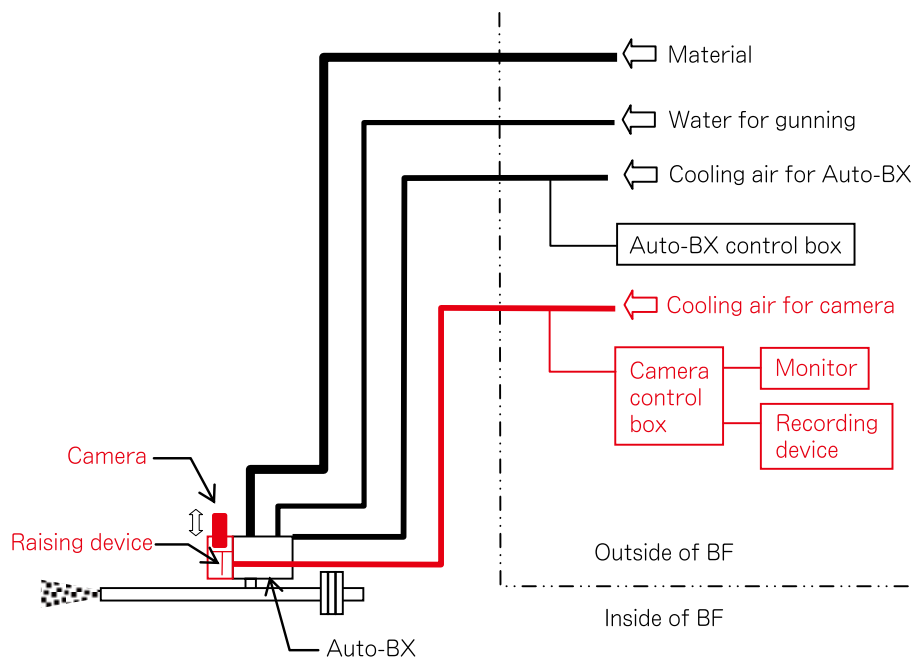


Fig. 2 System flow diagram of observation equipment in BF shaft.



(a) Before camera raising



(b) After camera raising

Fig. 3 Appearance of observational Auto-BX (Automatic gunning nozzle).

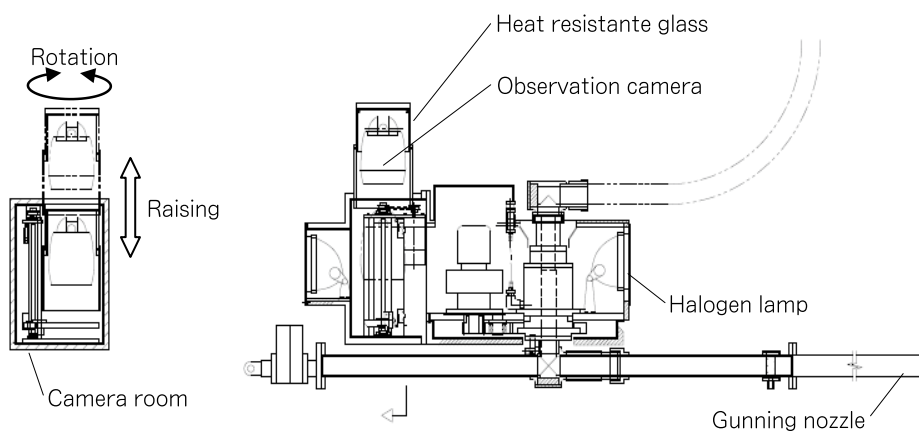


Fig. 4 Schematic diagram of observational Auto-BX (Automatic gunning nozzle).

し、観察時のみ昇降装置でオートBX上部へ出す方式としている。

本装置の特徴および機能を以下に示す。

1) カメラ機能

カメラは炉内全周を見渡せるよう、無限大の旋回に加え首振り機能も有している。また、フォーカス・絞り・ズーム機能があり、炉外から遠隔操作できる。

2) カメラ室冷却方法

オートBX装入時の炉内雰囲気温度は350℃あり、内部機器の耐熱対策としてオートBX制御ケーブル用ホースを利用してエア冷却を行っていた。しかし、観察カメラ（耐熱：50℃）を搭載することにより更なる冷却が必要となり、カメラ制御ケーブル用ホースを利用して冷却エアを送り込むことで冷却効果を高めた。

3) カメラ昇降装置

カメラ昇降装置は、観察カメラをカメラ室内の非常に限られたスペースに干渉無く全体収納できること、観察時は炉全周を見渡せるようオートBX上部へ全体上昇させるための長いストロークが必要となる。

そこで、カメラ昇降装置には狭い箇所でもロングストロークが得られ、低負荷でしかもぶれ無く高精度の直線動作が行えるボールねじタイプのアクチュエータを搭載している。

4) 粉塵付着防止策

観察カメラには、炉内雰囲気350℃で粉塵が多い過酷な環境下でも確実に機能し、汚れの少ないクリアな画像取得が求められる。

このことから、カメラの外周は保護用の耐熱ガラスでカバーし、ガラス表面への粉塵付着防止策として、ガラス外面に沿って一方向に均等にエアカーテンが張れるような構造としている。

5) 観察方位

炉内観察において観察位置を明確にしておくことは、炉体状況の記録や比較を行う上で必要不可欠であり、取得画像内で方位が明確

Therefore, Auto-BX must be cooled by air through the Auto-BX control cable hose to protect the internal electric devices. Because of the camera's 50℃ heat resistance temp a lower installed at Auto-BX, we needed cooling air value than that obtained with a conventional cooling system was required.

So an advanced cooling system which ends air through the camera control cable hose was developed.

3) Camera raising device

Required functions for the camera raising device are compact size for storage in a narrow space in the camera room, and long stroke in order to raise it to see the whole circumference of the BF shaft. Thus, a ball-screw type actuator is installed in the camera raising device which has the properties of low load and high-precision motion.

4) Dust prevention measures

The camera must permit observation at 350℃ in the dusty environment of the BF shaft, and take clear image.

To prevent dust from entering the camera, the outside of it is covered with heat-resistance glass. The structure of the glass enables a uniform air flow, creating an air curtain along the surface of the glass.

5) Observational direction

It is important to make the observational direction clear to record and compare the refractory lining condition. The observation direction is marked on the inside of the heat-resistant glass. The lining damage condition can be easily recorded with this function.

6) Camera control box and monitor

Camera control box and monitor can be set in a limited area near the top of the BF manhole. These devices need to

になるよう耐熱ガラス内面に方位をマーキングしている。

このことにより、炉内状況が図面と対応できるようになり、図面上で損傷状況のマップが容易に作成できる。

6) カメラ制御ボックス・モニタ

炉外に設置するカメラ制御ボックスとモニタは、炉頂マンホール付近の限られたスペースに容易に搬送・セット可能で、周囲の粉塵や搬送中の衝撃からも保護する必要がある。そこで、Fig. 5に示すようにカメラ制御ボックスはジュラルミンケースにコンパクトに組み込んでおり、モニタについても同様の方式を採っている。

また、ケース蓋を閉じることができるので、観察待機中も粉塵の悪影響を受けることが無い。

3. 高炉シャフト炉内観察のメリット

この装置を用いて観察することによるメリットは、以下の通りである。

① 炉内全周状況の把握

本装置に搭載しているカメラは360°旋回でき、炉内全周を観察可能なことから、今まで炉頂マンホール等からは死角となって確認できなかった部分についても状況確認が可能となる。また、上部からの目視観察も併用することで、吹付け前に概ね吹付け量を把握することもできる。そして、吹付け後の仕上り状態の確認、吹き残しの有無等も確認できるようになり、より確実な吹付け補修が実現できるようになった。

② 局部状況の詳細確認

本装置搭載のカメラはズーム機能も備えており、炉内に異常や局部的に確認したい部分があった場合は、ズームアップして詳細な確認が可能となった。これにより内部損傷形態がよくわかり、ユーザーは吹付工事以外のスチープ交換や圧入等の計画立案も可能となる。

③ 観察画像の記録・保存

上記観察状況は動画および静止画にて記録で



Fig. 5 Appearance of camera control box.

be protected from dust and shock. Thus, the camera control box and monitor are installed inside a duralumin case as shown in Fig. 5. These devices are not affected by dust when not in use because the case lid is closable.

3. Advantages of BF Shaft Observation

Auto-BX with BF shaft observation has the following advantages.

① Visibility of complete circumference lining condition

It is possible to observe in the whole circumference the BF shaft lining condition including the dead area, because the camera can be rotated infinitely. Furthermore, we are able to know the side of repair area before installation, and confirm the gunned surface condition and missed areas. As a result, more accurate gunning is possible than before.

② Detailed observation of local BF shaft areas

The camera has a zoom function. Detail of the lining condition in local areas can be observed using the zoom function. Detailed observation images can be used for repair planning such as gunning, cooling panel exchange, injection etc.

③ Recording of observation images

The above observation images are recorded

き，炉内状況の経過履歴や吹付け補修後状況の記録が可能となる。

4. 結言

本装置を開発したことにより，高炉シャフト内部全周の炉壁ライニングの損傷状態や吹付け後の仕上り状態を詳細に把握することができ，補修後の適切性の評価および記録，ユーザーの補修計画の立案に役立つ。

しかしながら，特定部位の補修状態や経過を見る場合は，できるだけ同一アングルであることが望ましいが，カメラ位置を同じ位置にもってくることはかなりのテクニックが必要となる。このことから，今後は経時的な変化が比較し易いようにできるだけ同一アングルで撮影できるようアイデアの創出およびテクニックを高めて行きたい。

as moving and still images providing history of use and surface condition after gunning.

4. Conclusion

With this equipment the lining damage and gunned surface condition of the whole circumference of the BF shaft can be assessed, recorded, and used for repair planning.

However, when we observe the repair condition and history of use in specific areas, the observation angle is required to be the same, but it is difficult to place the camera at exactly the same point. We intend to further develop a locating technique in order to observe from the same angle.