

TD 吹付装置の安全対策及び作業効率改善

Safety Measures for TD Gunning Equipment and Improvement of Work Efficiency

大湊 優行*, 櫻井 由法**, 石黒 亨***, 近藤 夏希****

Masayuki OOMINATO*, Yoshinori SAKURAI**, Akira ISHIKURO*** and Natsuki KONDO****

要 旨

東日本製鉄所君津地区1製鋼工場TD整備場コーティング材自動吹付機はTD内張りレンガの保護・地金処理作業迅速化を目的に導入されたが、装置使用年数が30年以上経過しており様々な部品に経年劣化・製造中止品が確認され、装置が使用不可となった場合作業効率が大きく低下してしまう。本報では、吹付装置の安全対策と作業効率の向上について、機械の各駆動部を油圧制御から電気制御へ変更し、現場の吹付ノウハウを制御プログラムに落とし込む事で具現化した。

Abstract

East Nippon Steel Works Kimitsu District 1 Steelmaking Factory TD Maintenance Site The automatic coating material gunning equipment was introduced for the purpose of protecting TD lining bricks and speeding up the processing of bullion, but the equipment has been used for more than 30 years. If various parts are confirmed to have deteriorated over time or have been discontinued, and the equipment becomes unusable, work efficiency will drop significantly. In this report, safety measures for gunning equipment and improvement of work efficiency are embodied by changing each drive unit of the machine from hydraulic control to electrical control, and by incorporating on-site gunning know-how into the control program.

1 緒言

1 製鋼 TD 整備場コーティング材自動吹付機は、TD内張りレンガへの地金差し防止及び地金処理時のレンガ面を保護し地金処理作業の迅速化を目的に導入した。本装置は、1987年導入と既に30年以上経過しており、吹付ノズル・ランス駆動等の機械品・油圧装置・制御電気品に広範な劣化が進行し施工品質の基準外れが見られた。また、修理用部品も製造中止品が多く、近年修理不能の為に自動吹付自体が不能となる可能性があった。自動吹付不能の場合、TD槽内を60℃以上に予熱後、人力によるコテ塗りとなり、作業効率の面で悪くなってしまふ。

そこで、作業効率の向上を図るとともに、可動設備への安全対策を検討、2019年に更新手続きに着手しTD吹付作業の完全自動化を試みた。

1 Introduction

1 Steelmaking TD maintenance site The automatic coating material gunning equipment was introduced for the purpose of preventing the bullion from being inserted into the TD lining brick and protecting the brick surface during the bullion processing to speed up the bullion processing work. This equipment was introduced in 1987 and has been in use for more than 30 years, and extensive deterioration has progressed in mechanical products such as gun nozzles and lance drives, hydraulic systems, and control electrical products, and the construction quality standards have been deviated. In addition, many repair parts have been discontinued, and in recent years there has been a possibility that automatic gunning itself would not be possible due to the inability to repair. If automatic gunning is not possible, the inside of the TD will be preheated to 60°C or higher, and then will be applied manually, resulting in poor work efficiency.

Therefore, while improving work efficiency, we examined safety measures for movable equipment, and started the renewal procedure in 2019 and tried to fully automate the TD gunning work.

* ファーネス事業部 東日本事業所 設備保全グループ Equipment Maintenance Group, East Japan Branch, Furnace Div.
** ファーネス事業部 東日本事業所 設備保全グループ マネージャー Manager, Equipment Maintenance Group, East Japan Branch, Furnace Div.
*** ファーネス事業部 東日本事業所 設備保全グループ マネージャー Manager, Equipment Maintenance Group, East Japan Branch, Furnace Div.
**** ファーネス事業部 東日本事業所 設備保全グループ グループ長 Group leader, Equipment Maintenance Group, East Japan Branch, Furnace Div.

Table 1 Risk assessment before improvement

Risk level	evaluation	Responding to risks	Needs improvement
I	Acceptable risk	Check regularly	3
II	Small risk	Risk reduction pending and check regularly	3
III	Big risk	Interim measures and risk reduction plans	18
IV	Unacceptable	Perform risk reduction	14
V	Significant risk	Promptly implement risk reduction	6

2 更新設備内容

2・1 設備の安全性

設備の安全基準として、日本製鉄東日本製鉄所君津地区の安全基準を満たす内容とする。

2・1・1 改善前のリスクアセス

表 1 に改善前に実施したリスクアセスの表を示す。内容としては、可動エリア内に誤って手や体を出し台車に巻き込まれる、可動している設備上より転落し台車に巻き込まれるなどが挙げられる。重症のリスクが高いほどリスクレベルを高く評価する。

2・1・2 可動設備への立入時の安全

TD 吹付装置の可動範囲周囲に H2200mm の安全柵を設置し、安全柵の扉にトラップキーを取付けた。また、安全柵に設置している各箇所のトラップキーの入替を行わなければ TD 吹付装置に乗込めないようにし、作業員以外が装置に立入れないようにした。

他に、吹付作業操作時とメンテナンス時の入口を別にすることで、作業員が機上・整備ピットのどちらにいるか判別できるようにした。図 1 にトラップキーの位置関係を示す。

2・1・3 設備からの転落防止

作業員が乗込む設備は、2 階構造となっており、1 階の高さで作業デッキより 2050mm 高い位置にある。

吹付装置の 1 階、2 階それぞれに H2200mm の安全柵を設け、作業員が装置より転落しないようにした。

2 Update equipment contents

2・1 Equipment safety

The equipment safety standards shall meet the safety standards of Nippon Steel East Nippon Works Kimitsu District.

2・2・1 Risk assessment before improvement

Table 1 shows a table of risk assessments conducted before improvement. The contents include accidentally putting out a hand or body in the movable area and getting involved in the dolly, falling from the movable equipment and getting involved in the dolly. The higher the risk of severe illness, the higher the risk level.

2・1・2 Safety when entering mobile equipment

A safety fence of H2200 mm was installed around the movable range of the TD gunning equipment, and a trap key was attached to the door of the safety fence. In addition, the trap keys installed on the safety fence must be replaced before they can enter the TD gunning equipment, and prevented anyone other than the worker from entering the equipment.

In addition, by separating the entrances for gunning work and maintenance, it is possible to determine whether the worker is on the equipment or in the maintenance pit. Fig.1 shows the positional relationship of the trap keys.

2・1・3 Prevention of falling from equipment

The equipment for workers to board has a two-story structure, the height of the first floor is 2050 mm higher than the work deck.

H2200mm safety fences were installed on each of the 1st and 2nd floors of the gunning equipment to prevent workers from falling off the equipment.

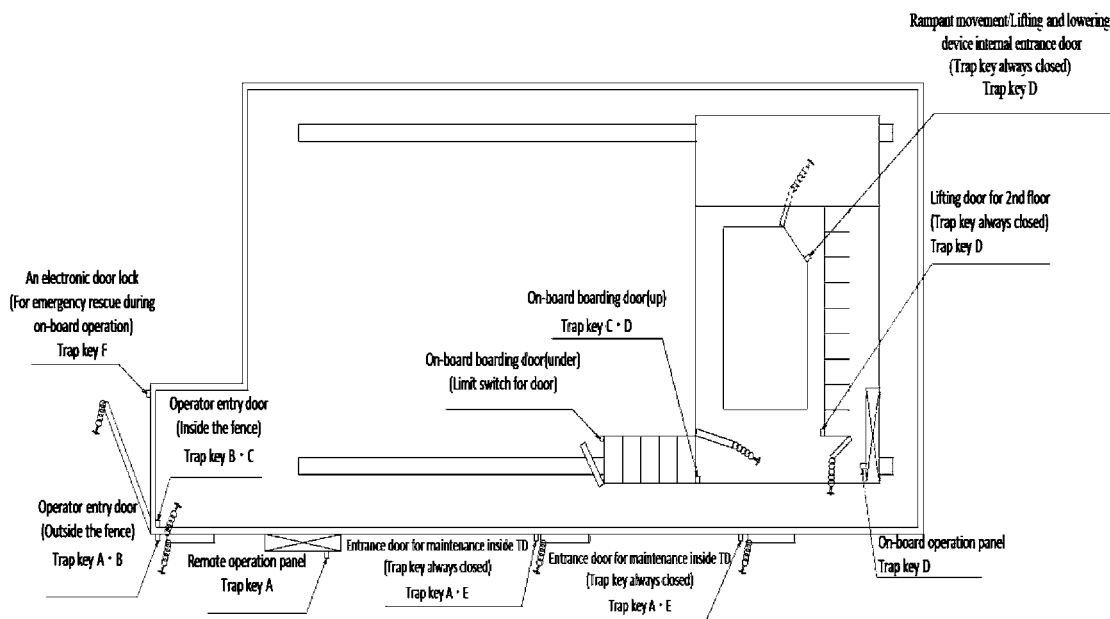


Fig. 1 Equipment layout and trap key position.

2・1・4 ヒューマンエラー削減

君津地区では、整備するTDの種類がICC/TD、4CC/TDの2種類存在する。ICC/TDと4CC/TDは吹付面の深さ・幅・長さ全てが異なる為、自動吹付の選択時に誤入力すると吹付ノズル・ランスがTD壁に接触し損傷する危険があった。

このようなヒューマンエラーを無くす為、TD下部の鉄皮大きさにて判別できるようにセンサーを設け、インターロックの対策を行った。

2・2 吹付精度向上による完全自動化

吹付作業を完全自動化する為に、吹付プログラムの作成及び修正とPLCプログラムの変更を行った。

2・2・1 電動サーボ制御

図2に更新前の吹付装置の制御箇所、図3に更新後の吹付装置の制御箇所を示す。

従来は、走行・ノズル旋回のみ油圧比例制御を行っており、横行・ランス昇降・ノズル傾動に関しては油圧電磁弁による切換のみの制御となっていた。

今回、走行・ノズル旋回だけではなく横行・ランス昇降を電動サーボ制御、ノズル傾動をインバータ制御にすることで、従来の吹付装置に比べ5軸制御による安定化を可能とした。

2・1・4 Human error reduction

In the Kimitsu District, there are two types of TD to be maintained: ICC / TD and 4CC / TD. Since the depth, width, and length of the gun surface are all different between ICC / TD and 4CC / TD, there was a risk that the gun nozzle lance would come into contact with the TD wall and be damaged if an incorrect input was made when automatic gunning was selected.

In order to eliminate such human error, a sensor was installed so that it could be discriminated by the size of the iron skin at the bottom of the TD, and measures against interlock were taken.

2・2 Fully automated by improving gunning accuracy

In order to fully automate the gunning work, the gunning program was created and modified, and the PLC program was changed.

2・2・1 Electric servo control

Figure 2 shows the control points of the gunning equipment before the update, and Figure 3 shows the control points of the gunning equipment after the update. In the past, hydraulic proportional control was performed only for traveling and nozzle turning, and for rampant movement, lance lifting and lowering, and nozzle tilting, only switching was controlled by a hydraulic solenoid valve.

This time, not only traveling and nozzle turning, but also rampant movement and lance lifting and lowering are controlled by electric servo, and nozzle tilting is controlled by inverter, which enables stabilization by 5-axis control compared to the conventional gunning equipment.

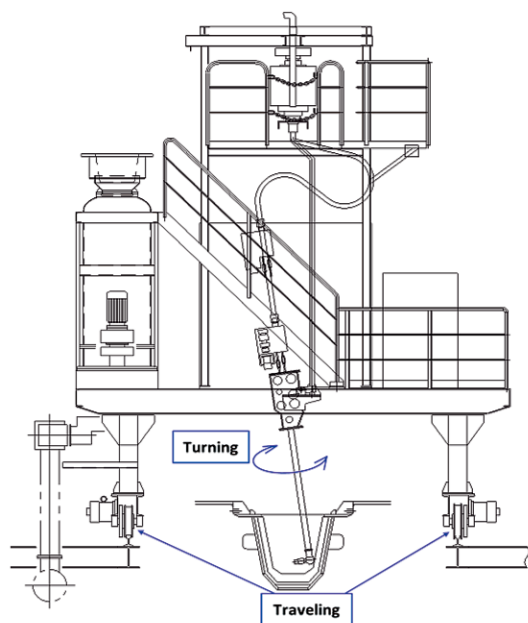


Fig. 2 Previous gunning equipment

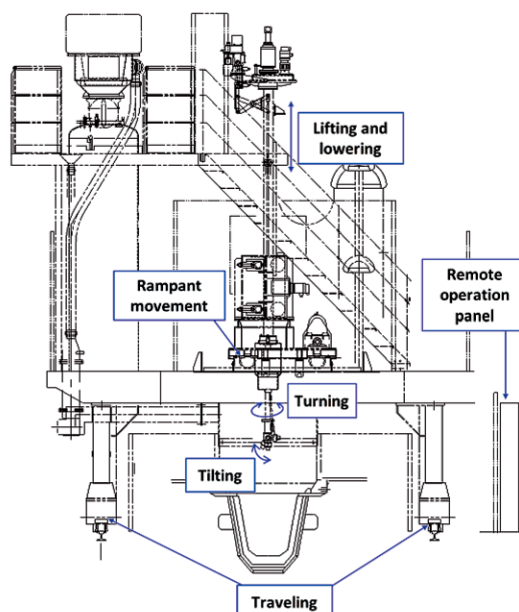


Fig. 3 Current gunning equipment

2・2・2 吹付面との距離調整

ICC/TD, 4CC/TDにて吹付前に1度位置合わせを実施し、ノズル及びランスが接触しないことを確認する。その後、各TDへの材料吹付作業を行い材料の付着及びリバウンド状況を確認し、吹付面との距離調整を行った。

2・2・3 TDへの吹付ムラ修正

2・2・2と同様の手順にて、吹付の具合を確認する。吹付ムラを確認した場合、都度吹付プログラムの修正を実施する。その際、図面上にて吹付ノズルの軌道を確認し、ノズルの走行速度・横行速度・高さ及び旋回のタイミングを材料実吹にて確認、修正を行った。

2・2・4 水分量の自動調整

TDは吹付区分として、壁・ダキ・敷の3種類があり、それぞれ水分量が違う。その為、従来の作業だと作業者が吹付区分ごとに手動にて水分量を調整していた。

改善として、各吹付区分に入る際、水分量を自動で調整できるようPLCプログラムの変更を行い、作業の方が吹付作業時に水分量を変更する必要を無くした。また、気温等の変化によって水分量を変更する為、吹付前の設定を簡易的に変更できるようにした。

2・2・2 Distance adjustment with the gun surface

Perform alignment once before gunning with ICC / TD and 4CC / TD, and check that the nozzle and lance do not touch. After that, the material was gunned onto each TD, the adhesion of the material and the rebound condition were confirmed, and the distance from the gunned surface was adjusted.

2・2・3 TD gun unevenness correction

Check the gunning condition by the same procedure as 2・2・2. If uneven gunning is confirmed, the gunning program will be modified each time. At that time, the trajectory of the gun nozzle was confirmed on the drawing, and the traveling speed, rampant speed, height, and turning timing of the nozzle were confirmed and corrected by actual material gunning.

2・2・4 Automatic adjustment of water content

There are three types of TD gunning classification: Kabe (or Wall), Daki (or Bottom Corner) and Shiki (or Bottom) and each has a different amount of water. Therefore, in the conventional work, the worker manually adjusts the water content for each gunning category.

As an improvement, the PLC program was changed so that the water content could be adjusted automatically when entering each gunning category, eliminating the need for the operator to change the water content during gunning work. In addition, since the amount of water changes according to changes in temperature, etc., the settings before gunning can be easily changed.

Table 2 Results after safety measures

Risk level	Before improvement	After improvement
I	3	32
II	3	12
III	18	0
IV	14	0
V	6	0

2・2・5 遠隔操作

更新直後の TD 吹付装置の場合、吹付作業を行っている間は、装置に乗っていなければならず、吹付作業時間が作業者の拘束時間となっていた。

前述に記載した4つの改善を実施したことにより、安全柵の外側に設置してある遠隔操作盤から吹付操作が行えるようになり、吹付作業の際に発生する装置への立入・吹付時の拘束時間が無くなった。

3 設備改善後の評価

3・1 設備安全性

表 2 に改善前後のリスクレベルの変化を示す。

可動範囲立入及び装置からの転落に対する安全対策を実施することで、挟まれ、巻き込まれ、転落による重篤災害を防止できた。また、ヒューマンエラーによる装置故障を低減することで、作業者だけでなく設備の安全対策も行えた。

3・2 吹付精度

表 3 に施工厚みの基準値について、表 4 に設備更新直後とプログラム変更後の吹付精度の結果を示す。

壁、ダキ及び敷全ての吹付面に関して更新直後と比較し、基準値内での安定した吹付が可能となった。

2・2・5 Remote control

In the case of the TD gunning equipment immediately after the update, it was necessary to be on the equipment while the gunning work was being performed, and the gunning work time was the restraint time of the worker.

By implementing the four improvements described above, gunning operations can be performed from the remote operation panel installed outside the safety fence, there is no longer any time to enter the equipment during gunning work and restrain workers.

3 Evaluation after equipment improvement

3・1 Equipment safety

Table 2 shows the changes in risk level before and after improvement.

By implementing safety measures against entering the movable range and falling from the equipment, it was possible to prevent serious accidents caused by being pinched, involved, and falling. In addition, by reducing equipment failures due to human error, we were able to take safety measures not only for workers but also for equipment.

3・2 Gun accuracy

Table 3 shows the reference values of construction thickness, and Table 4 shows the results of gunning accuracy immediately after equipment update and after program change.

Compared with the gunning surface of all Kabe, Daki and Shiki immediately after the update, stable gunning within the reference value became possible.

Table 3 Thickness reference value

	Construction thickness	
colour	Kabe	Daki,Shiki
	<15	<25
	15-16	25-26
	17-18	27-28
	19-20	29-30
	21-22	31-32
	>22	>32

Reference value

Table 4 Gunning accuracy result

	1CCTD gunning		4CCTD gunning	
	Immediately after update	After program adjustment	Immediately after update	After program adjustment
Kabe thickness[mm]	25.4	21.6	26.7	21.8
Daki thickness[mm]	33.7	29.9	35.5	29
Shiki thickness[mm]	39.5	30	35.1	29.5

3・3 作業の自動化、効率化

図4に装置更新前、装置更新後、プログラム変更後の吹付作業の拘束時間についてのグラフを示す。

更新前と更新後では多少の時間は短縮出来たが、装置に作業者が常に乗っていなければならず、拘束される無駄な時間が生じた。その後プログラムの変更等により、吹付精度を上げることに成功し、遠隔操作盤より吹付作業を開始できるようにした。

その結果、装置に作業者が拘束されることが無く、吹付作業時間に別の作業を並行して行うことが可能となった。

3・3 Work automation and efficiency

Figure 4 shows a graph of the restraint time for gunning work before, after updating the equipment, and after changing the program.

Although the time could be shortened before and after the equipment update, the operator had to be on board the equipment at all times, there was wasted time. After that, we succeeded in improving the gunning accuracy by changing the program, etc., and made it possible to start the gunning work from the remote operation panel.

As a result, the operator was not restrained by the equipment, and it became possible to perform another operation in parallel during the gunning operation time.

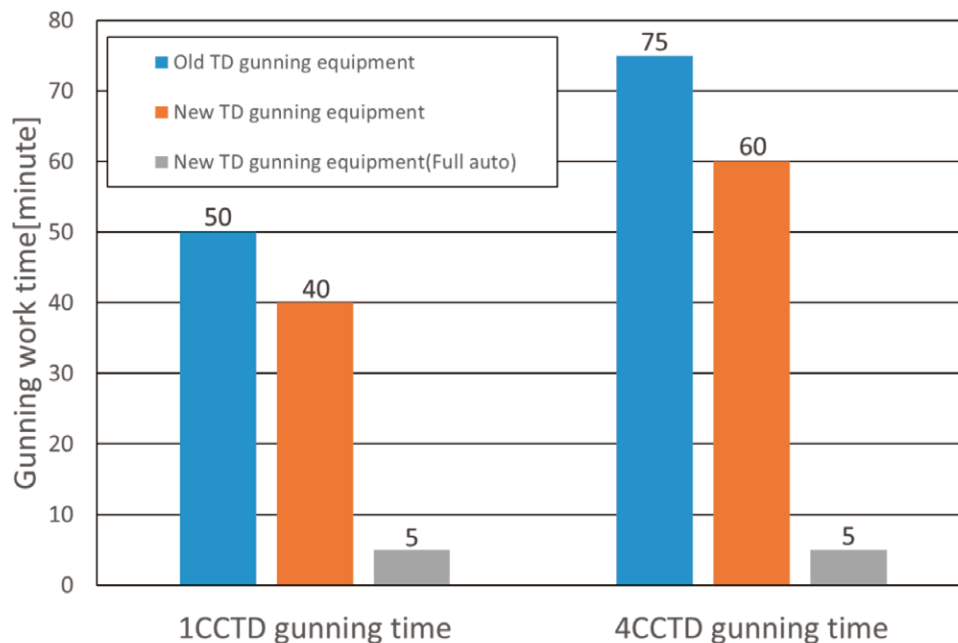


Fig. 4 Worker gunning time

4 結言

今回の設備更新に伴い、安全対策と吹付作業の効率化を実施した。作業の効率化を行うには、耐火物の吹付ムラを基準値に入れる必要があり設備導入後も幾度となく吹付作業の立会、プログラム調整を行った。

耐火物の吹付状態も未だ完璧ではなく基準値内でのばらつき、ムラ改善の余地はある。今後もより精度の高いプログラム設計を行い、吹付作業の更なる効率化と、吹付品質の向上に努めていく所存である。

また、今回完全自動化の為に実施した改善について、東日本製鉄所君津地区のTD吹付装置でしか改善できないのではなく、同様の吹付装置が導入されている製鉄所であれば、完全自動化に向けての改善は可能である。

4 Summary

With this equipment renewal, safety measures and efficiency improvement of gunning work were implemented. In order to improve work efficiency, it was necessary to include the uneven gunning of refractories in the reference value, and even after the equipment was introduced, the gunning work was witnessed and the program was adjusted many times.

The gunned state of refractory is not perfect yet, and there is room for improvement in variation and unevenness within the reference value. We will continue to design programs with higher accuracy, further improve the efficiency of gunning work, and improve the gunning quality.

In addition, regarding the improvements implemented for full automation this time, it is possible to improve not only the TD gunning equipment of East Nippon Steel Works Kimitsu District, but if the other steelworks have similar gunning equipment, improvements for full automation can be possible.