

コークス炉補修技術の改善

Improvement of Coke Oven Maintenance

原口 竜太郎*, 安部 公大**, 井上 貴公***, 山崎 敦****

Ryutaro HARAGUCHI *, Kimihiro ABE **, Takayuki INOUE *** and Atsushi YAMASAKI ****

1 緒言

コークス炉は、主に炭化室と燃焼室を交互に設けている上部構造体と、蓄熱室を備えている下部構造体で構成される。上部構造体には、高熱伝導を有する煉瓦が使用された耐火物の壁（炉壁）が設けられている。コークスは、燃焼室から炉壁を経由した熱により炭化室に装入された原料炭を乾留する事で生産される。炉壁の材質は、高温での容積安定性に優れた珪石煉瓦を使用しているが、低温では収縮する特性を有する。そのため操業における温度管理は重要であり、操業間に行う炉補修は、一回当たりの作業時間が、1～2時間に限られる。また高温下での作業となり、補修作業に使用する補修材、補修機器は、適切な改善、改良が求められている。

本稿では、諸条件下でのコークス炉の最適な補修の取り組みについて紹介する。

2 テルミット溶射技術

コークス炉の補修は、各窯炉環境、補修部位、損傷形態に応じて施工法を選択している。その中でテルミット溶射は最も主要な技術であり、炉熱を着火源とし、材料中の金属 Si と酸素の発熱反応により耐火骨材を熔融させ、炉壁面に付着させるという施工法である。

このテルミット溶射は一般に補修で使用される乾式吹き付けと異なり、水を使用しないため珪石煉瓦への損傷を大幅に軽減できる。また煉瓦面へ溶着することで強固な接着性が得られ高耐用であるという特長がある。

補修装置については、補修頻度の高まりから作業性と搬送性の良いものを検討し、電気を使用せずにエジェクターで材料を吐出するシンプルなものを採用している。現在では更に軽量化を図り 30kg 程度のコ

1 Introduction

A coke oven is mainly composed of an upper structure provided with a coking chamber and a combustion chamber alternately, and a lower structure provided with a regenerator. The upper structure is provided with a refractory wall (chamber wall) using bricks having high thermal conductivity. Coke is produced by raw coal inserted into a coking chamber by heat from a combustion chamber through a chamber wall. The chamber wall is made of silica bricks with excellent volumetric stability at high temperatures, but it shrinks at low temperatures. Therefore, the temperature control in the operation is important, and the furnace repair carried out during the operation is limited to 1 - 2 hours. In addition, repair materials and equipment used for repair work at high temperatures require appropriate improvement.

This paper describes the optimal repair of coke ovens under various conditions.

2. Thermite welding technology

The method of repair of coke ovens is selected according to the furnace environment, repair site, and damage type. The thermite welding is the most important technology among them, and is a construction method in which the furnace heat is used as an ignition source, and the refractory aggregate is melted by the exothermic reaction of metal Si and oxygen in the material and adhered to the chamber wall surface.

The thermite welding does not use water and can significantly reduce damage to silica bricks, unlike dry-spraying which is generally used for repairs. In addition, it has a feature of high durability because strong adhesion is obtained by welding to the brick surface.

As for the repair equipment, a simple one, in which the material is discharged by an ejector without using electricity, has been adopted, after examining the one with good workability and conveyance from the increase in the repair frequency. At present, the weight is further reduced and a compact device of about 30 kg is introduced.

Two types of materials are available. MgO is added to the material as an exothermic accelerator to increase the

* ファーネス事業部 東日本事業所 君津コークス整備グループ Kimitsu Coke Oven Maintenance Group, East Japan Branch, Furnace Div.
** ファーネス事業部 東日本事業所 君津コークス整備グループ アシスタントマネージャー Assistant Manager, Kimitsu Coke Oven Maintenance Group, East Japan Branch, Furnace Div.
*** ファーネス事業部 東日本事業所 君津コークス整備グループ マネージャー Manager, Kimitsu Coke Oven Maintenance Group, East Japan Branch, Furnace Div.
**** ファーネス事業部 東日本事業所 君津コークス整備グループ グループ長 Group leader, Kimitsu Coke Oven Maintenance Group, East Japan Branch, Furnace Div.

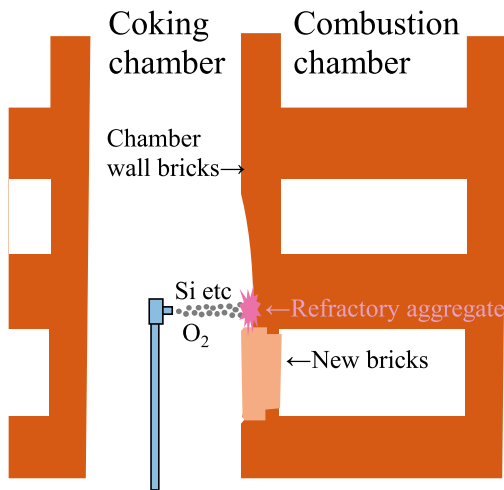


Fig. 1 Image of thermite welding repair

コンパクトな装置を導入するまでに至っている。

材料については、2種のタイプを保有している。材料中に発熱促進剤として MgO を添加して、熱容量を増やし、高接着かつ緻密質な施工体を形成するタイプと、焼結助剤を配合することで効率的に材料を溶融させ、大きく付着性を向上させたタイプ（新溶射材）である。新溶射材は前者に較べ若干低嵩ではあるものの、高耐用を得るには十分な高強度を有しており、高耐用かつ作業性を大幅に改善する材料として現在主流で使用されている。図 1 にテルミット溶射補修のイメージ、図 2 に新溶射材の補修（施工）直後と9ヵ月後の残存状況を示す。壁面に欠損も見られず平滑な状態が保持できており、操業の安定化に貢献している。

3 切削技術

コークス炉の窯口周辺では、煉瓦の老朽化などにより、煉瓦のせり出し現象が生じる。せり出し煉瓦によって狭くなった窯口の炉幅は、コークスを押し出し機で窯内から排出する際、押し詰まりなどの操業トラブルを引き起こす。せり出し煉瓦の補修作業は、研磨剤（切削材）を吹き付け、煉瓦を強制的に削る切削作業を行っている。当社では切削材として適切な無機酸化物材質を選定し、装置は高い吐出量と安定供給、そして高流速のノズル形状をかね備えた装置を開発した。図 3 に従来装置との比較を示す。2.2 倍の切削効率（単位時間当たり削られる煉瓦の重量）を有する切削材と装置は、実炉で安定的に使用されている。

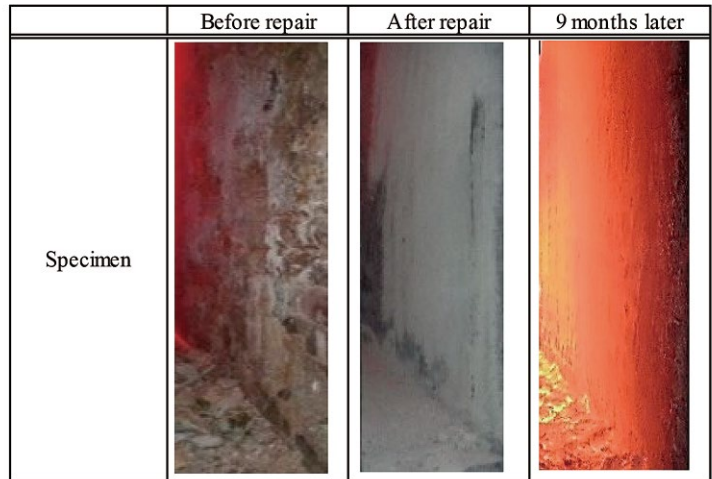


Fig. 2 After repair of the developed material

heat capacity to form a highly adhesive and dense construction, and a sintering aid is added to melt the material efficiently to greatly improve adhesion. Although the developed material has a slightly lower bulk compared with the conventional, it has a high strength enough to achieve a high durability, and it is currently mainly used as a material that can significantly improve the durability and workability. Fig. 1 shows an image of thermite welding repair, and Fig. 2 shows the remaining state of the developed material after repair and after 9 months. There is no defect on the wall surface, and the smooth condition can be maintained, contributing to the stabilization of the operation.

3. Shot blasting technology

Around a coking chamber end of coke oven, bricks overhang due to aging. The width of the coking chamber end narrowed by jutting bricks causes operation troubles such as pushing clogging when coke is discharged from the coking chamber by a pusher machine. In the repair work of jutting bricks, abrasive (shot blasting material) is sprayed and the bricks are forcibly scraped. The inorganic oxide material suitable for shot blasting has selected, the apparatus has developed an equipped with a high discharge rate, stable supply, and high flow rate nozzle shape. Fig. 3 shows a comparison with the conventional device. Shot blasting materials and equipment with a high efficiency of 2.2 times (weight of bricks scraped per unit time) are used stably in actual maintenance.

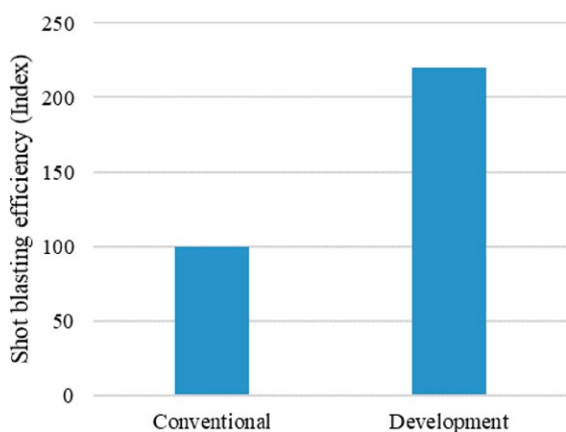


Fig. 3 Comparison of the shot blasting

4 異物除去作業の作業環境改善

老朽化したコークス炉では亀裂拡大や破孔によって、燃焼室に石炭や煉瓦などの異物が混入する。その燃焼室ではガスの流れが悪くなり、局所的な温度低下を引き起こす。その場合、燃焼室や蓄熱室の煉瓦を解体し、異物を取り除く異物除去作業を行っている。例えば燃焼室であれば、炭化室から炉壁煉瓦を解体し、治具で燃焼室の異物を掻き出し、再び炉壁煉瓦を積み替える。その際、炉壁は珪石煉瓦の低温で収縮する特性上、窯を十分に冷やす事ができないため、過酷な環境下での作業となる。それゆえ炉壁をしっかりと断熱養生する必要がある。しかしながら窯口の炉幅は400mm程度であり、作業スペースを確保する必要があるため、十分な養生厚みを確保する事が難しい。そこで当社の厚さ5mmのマイクロポーラスナノ断熱材を検討した。これは、「固体の伝熱」・「気体分子の伝熱」・「輻射伝熱」といった熱伝導をコントロールすることで、低熱伝導率を実現している。この断熱材の適用結果を図4に示す。従来と比較し、炉内の暑さ指数(WBGT 湿球黒球温度)が、約20℃減少し、作業環境の改善に寄与している。

5 結言

コークス炉の補修は、生産量向上だけでなく、老朽化した炉体によるコークス品質劣化抑制やガス漏れ予防などの環境対策にも寄与している。コークス工場の安定操業と延命のため、補修技術の開発と現場での安全施工に今後も取り組んでいく。

	Before repair	Conventional	Improvement
Specimen			
WBGT In the furnace [°C]	Above range	61	39

Fig. 4 Example of the developed insulation

4. Improvement of maintenance in the coking chamber

In aging coke ovens, cokes and bricks are mixed into the combustion chamber due to cracking and expansion. In the combustion chamber, the flow of gas becomes poor, causing a local temperature drop. In this case, the bricks in the combustion chamber and the regenerator are disassembled to remove cokes and bricks. For example, in a combustion chamber, chamber wall bricks are disassembled from the coking chamber, cokes and bricks in the combustion chamber are scraped out with a jig, and chamber wall bricks are reloaded. In this case, around a coking chamber end cannot be cooled sufficiently because the chamber wall shrinks at the low temperature of silica brick, so the work is carried out under a severe environment. Therefore, it is necessary to cover the chamber wall with heat insulation. However, the width of the coking chamber end is about 400 mm, and it is difficult to secure a sufficient curing thickness because a work space needs to be secured. Then, micro porous nano insulation material of 5mm thickness was examined. It achieves low thermal conductivity by controlling thermal conduction such as "solid, gas, and radiation heat transfer". Fig. 4 shows the results of application of this heat insulating material. The heat index (WBGT wet-bulb globe temperature) in the coking chamber is reduced by about 20 °C compared with the conventional one, and it contributes to the improvement of maintenance.

5. Conclusion

Repair of coke ovens not only improves production but also contributes to environmental measures such as prevention of deterioration of coke quality and prevention of gas leakage due to aging coke ovens. We will continue to develop repair technology and safe construction at coke plants to ensure stable operation and longer life.

文献

- 1) 耐火物技術協会編：耐火物手帳，改訂12版，(2015)pp.376-380.
- 2) 池部哲則ほか：耐火材料，167, 48 -53 (2019).
- 3) 西口英邦ほか：耐火物，71 [8] 312-318 (2019).
- 4) 笠井清人ほか：新日鉄技報，第388号 54-61 (2008).

References

- 1) Technical Association of Refractories, Jppan eds: Refractories Handbook, Revision 12, (2015)pp. 376-380.
- 2) Tetsunori Ikebe et al.: Refractory Material, **167** 48 -53 (2019).
- 3) Hidekuni Nishiguchi et al.: Taikabutsu, **71** [8] 312-318 (2019).
- 4) Kiyoto Kasai, et al.: Nippon Steel Technical Review **388** 54-61 (2008).