

SHINAGAWA TECHNICAL REPORT

12年以上使用されたコークス炉 ドアブロックの特性

Properties of the Block for Coke Oven Door
Over 12 Years Commercial Application

西 口 英 邦
Hidekuni NISHIGUCHI

山 下 恭 平
Kyohei YAMASHITA

佐 川 和 貴
Kazuki SAKAWA

飯 田 正 和
Masakazu IIDA

品川技報

12年以上使用されたコークス炉ドアブロックの特性

Properties of the Block for Coke Oven Door Over 12 Years Commercial Application

西 口 英 邦 ^{*1}	佐 川 和 貴 ^{*1}
Hidekuni NISHIGUCHI	Kazuki SAKAWA
山 下 恭 平 ^{*1}	飯 田 正 和 ^{*2}
Kyohei YAMASHITA	Masakazu IIDA

要 旨

コークス炉で12年以上にわたって使用された表面に釉薬を塗布したドアブロックの使用後を回収し、評価した。長期にわたる使用にも関わらず表面の平滑性は維持されていた。内部に亀裂は観察されたもののしっかりした組織が維持されており、ブロックの安定性が示された。当社のブロックは釉薬塗布していない不焼成品も同様な組織の安定性を示すと考えられる。

Abstract

This report describes the properties of a glaze coated block for the coke oven door which had been used for over 12 years. The smooth surface of the block, which is maintained over a long time application, demonstrates the satisfactory performance of our glaze coating technology. Though some cracks were found on the inside of the block, a rigid structure was maintained. That reveals the stableness of our product. A highly stable structure is also expected for our unburned block without glaze coating.

1. 緒言

コークス炉の両側に取り付けてあるドアには耐火物のブロックが取り付けられている。このドアブロックは5年以上という長期間にわたって使用され、徐々に進展する亀裂の程度が悪化すると取り外され、新品の耐火物ブロックに交換される。今回、12年以上使用されたドアブロックを回収し調査を行った。本報ではコークス炉のドアについて概要を説明し、適用されたブロックの特徴と12年以上使用されたブロックの状態を比較する。

1. Introduction

Both sides of the coking chambers of coke oven batteries are shut with doors on which several numbers of refractory blocks are installed. Hereafter, the refractory block for coke oven doors is referred to as door block. The door blocks are used for 5 years or more followed by replacement with new ones. The working life is determined by the state of cracks that propagate gradually. Recently, we obtained and investigated a door block that had been used for over 12 years. In this report, an outline of

*¹ 技術研究所 第1研究部 Research Dept. No. 1, Research Center

*² 技術研究所 第1研究部 部長 Manager, Research Dept. No. 1, Research Center

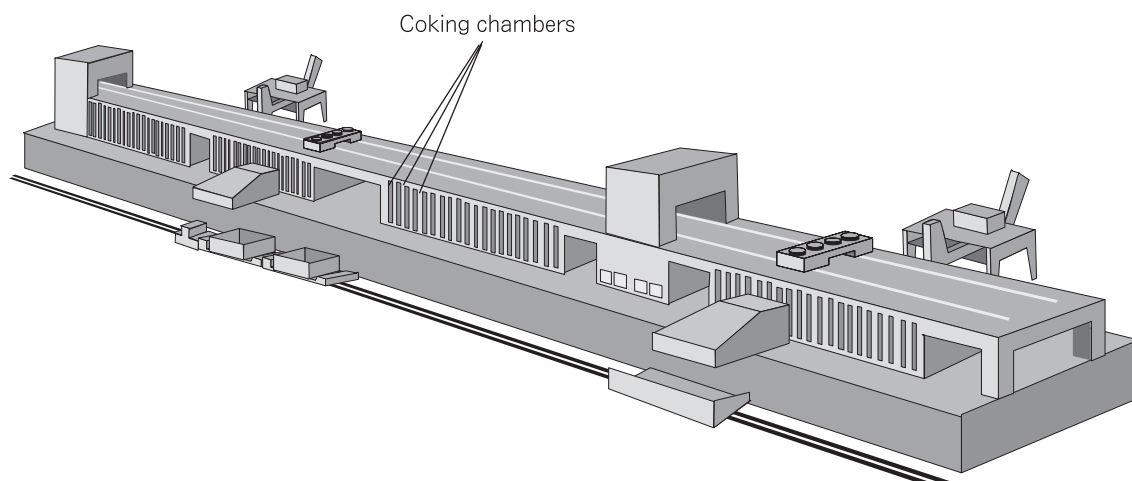


Fig. 1 Schematic illustration of coke oven.

2. コークス炉の操業とドアブロック

コークスは、石炭を 1000°C を超える温度で20～24時間程度乾留し、揮発分を除去することで得られる。コークスは高炉で鉄鉱石の還元や非鉄金属の精錬に用いられるほか、煙を発生させない高カロリーの固体燃料としてさまざまな用途に使用されている。石炭の揮発分を短時間に効率よく除去するためには乾留時の石炭充填層の温度のばらつきを小さくする必要があり、コークス炉として室炉式の乾留炉を用いるのが主流である。

Fig. 1に示したコークス炉の概要からわかるように、通常、1つのコークス炉は炭化室と呼ばれる乾留部を50～100門程度有している。炭化室の両壁は炉内側に5個程度の耐火物ブロックを配置したドアで塞がれており (Fig. 2)、石炭はそこで乾留される。石炭の乾留が完了しコークスになると、両側のドアが外され一方から他方へ押し出される。これからわかるように、コークス炉のドアブロックは 1000°C 程度～常温の熱衝撃を1日に1回程度受けることになる。したがって、ドアブロックの損耗は熱衝撃による亀裂がメインであり、低膨張キャストブルを用いたプレキャストブロックが使用されている。

上述したように、ひとつのコークス炉には100

coke oven door is given and the characteristics of the door block after long term application are described.

2. Coke Oven and Coke Oven Door

Coke is an important reducing agent in the blast furnace iron making process as well as for the non ferrous metal smelting process. In addition, coke is used as a high calorific smokeless fuel for various applications.

Coke is produced by coking coal. Coking, in other words, carbonization, is a process for removing the volatile matter in coal by heating in an airless atmosphere at temperature ranges between 1000°C and 1200°C for 20 to 24 hours. In order to remove volatile matter efficiently, it is necessary to decrease temperature fluctuation in the coal packed bed during carbonization. Hence, a chamber type oven is widely applied.

As schematically illustrated in Fig. 1, coke ovens are equipped with 50 to 100 coking chambers. Coal is coked in a coking chamber of which both sides are shut with doors on which several number of door blocks are installed as shown in Fig. 2. Subsequent to coking completion, the doors are removed so as to discharge coke from one side to the other. Accordingly, it is clear that door blocks suffer one thermal shock cycle from ordinary temperature to approximately 1000°C

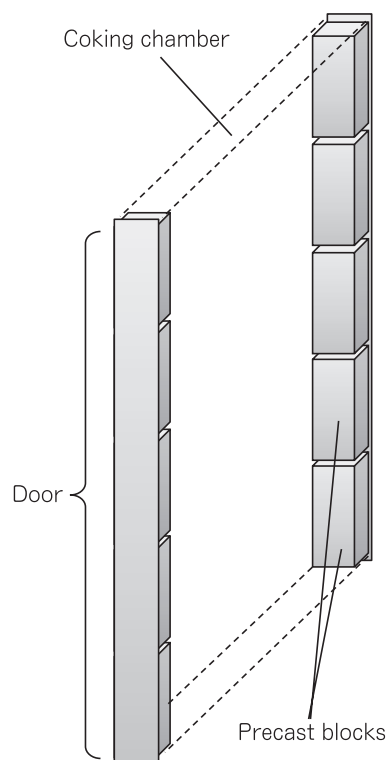


Fig. 2 Schematic illustration of coke oven chamber and doors.

門近い炭化室があり、その両側にドアが装着されていることからドアの数はその倍になる。ドアブロックの寿命を仮に5年とすると、毎年40のドアのブロックを交換することになり、作業負荷軽減の観点からドアブロックの長寿命化が必要である。

3. ドアブロック側面へのタールピッチ付着

石炭の乾留過程で発生する炭化水素系のタールピッチガスは、冷却されると液体、更には固体になる。ドアブロックは、その側面を通してピッチガスを上昇させ上部で捕集するため垂直なガスの流路をもった構造になっている (Fig. 3) が、タールピッチが固着して流路が詰まるとドアとフレームの隙間からガスが環境に放出される。これを防ぐため、ドアを外したら側面が自動的にクリーニングされる。具体的にはクリーナーと呼ばれる器具が側面を上下に往復し付着したタールピッチを

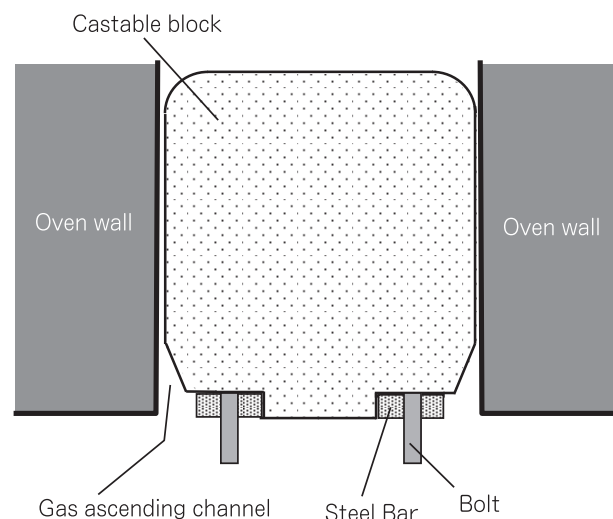


Fig. 3 Configuration of the coke oven door blocks.

per day. Therefore, it is natural to assume that crack initiation and propagation is induced by thermal shock. Thus, low thermal expansion castables are applied to the blocks.

As described above, one coke oven battery has nearly 200 doors since the number of doors is twice the number of chambers. Assuming that the service life of a door block is 5 years, 40 doors should be replaced with a heavy work load every year. Hence, extending service life of door blocks is necessary.

3. Coal Tar Adhesion to Side Surface of Door Block

Volatile matter that evaporates from coal during coking is called coke oven gas which consists of thousands of kinds of hydrocarbon molecules. If coke oven gas is cooled, heavy molecules are condensed into liquid coal tar followed by solidification. In order to collect coke oven gas at the roof of the chamber, vertical gas flow channels are installed to door blocks as shown in Fig. 3. If coal tar obstructs the gas flow channels, coke oven gas is emitted to the outside atmosphere via a gap between door block and frame. In order to prevent the emission, the side surfaces of the doors are automatically cleaned during the coke

除去する。このクリーナーは押し出し機等のドアを取り外す重機に設置されており、取り外したドアを所定の場所に移動させてクリーニングが行われる。

このとき、タールピッチの固着が強固になると、クリーナー単独での除去が困難になる。タールピッチの固着が酷くなるとドアを外してオフラインで整備し、作業者が取り除く。作業負荷軽減の観点から、(1)固着タールピッチがクリーナーだけで容易に除去でき、また、(2)オフラインドア整備でも簡単に付着タールピッチを除去できる、ことが必要となる。

4. 施釉焼成ドアブロック

タールピッチの固着はブロック表面の凹凸と機械的に接着することで強固になる。従って、タールピッチの除去を容易にするためには表面の平滑化が効果的である。当社は低膨張キャストブルCST-A53で作成したブロックに釉薬を塗布(施釉)してトンネルキルンで焼成することで表面の平滑化を図っている。Fig. 4に示すように、施釉焼成ブロックは表面光沢を呈し、高い平滑性が得られていることがわかる。また、Fig. 5は、試料に載せたφ50鉄製リング中に無水タールを入れて500℃で3時間焼成後の切断面であるが、釉薬層により液状になったタールの浸潤が防止されていることがわかる。

Figs. 3, 4 でわかるように、ブロックの背面に

discharging operation. Heavy equipments, i.e. a pushing machine and door lifter remove the door and it is transported to the place where an apparatus called a door cleaner is mounted on followed by scraping off of the adhering coal tar. As described, the door cleaner is an apparatus which has scrapers moving up and down along the side surfaces of the door blocks.

After long use, however, coal tar adhesion tends to be too severe to be scraped off automatically. In that case, the door is transported to door a clinic to remove coal tar adhesion manually using a pneumatic hand breaker. From the aspect of reduction of work load, it is necessary to (1) extend the time that the door cleaner is effective, and (2) make coal tar adhesion weak so that removal is easy by manual operation.

4. Glaze Coated Door Block

Since coal tar mechanically adheres to the block surface, surface smoothing is effective in weakening coal tar adhesion. To obtain smooth surface, we developed a glaze coated door block. The surface of blocks cast with low expansion castable CST-A53 are glaze coated followed by burning in tunnel kiln. As is obvious in Fig. 4, the glaze coated door block exhibits a glossy surface that indicates a high level of smoothness. Fig. 5 demonstrates the effectiveness of the glaze coating on coal tar penetration. The specimens shown in Fig. 5 were prepared as follows; steel rings were placed on a glazed and

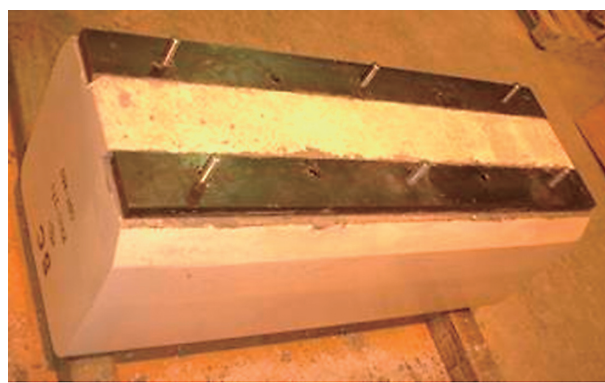


Fig. 4 External appearance of glaze coated block.

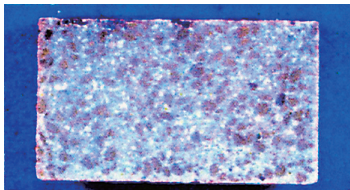
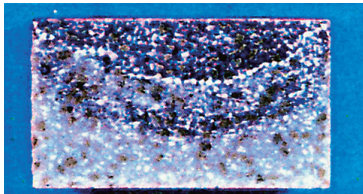
	Carbon penetration area	Cut surface
Block with glaze	0.2 cm ²	
Block without glaze	18.8 cm ²	

Fig. 5 Penetration of dehydrated tar after burning at 500°C for 3 hours.

は金属のバーとボルトが取り付けられている。ドアブロックはこのボルトでドアのフレームに接続されるが、これらの金属が露出しているとトンネルキルンでの焼成が不可能である。そこで、当社は2種類の方法でボルトを取り付けている。Fig. 6に金属部品の取り付け要領を示す。(A)は、所定の位置に孔を開けたブロックを作成して焼成し、焼成後にボルトを取り付けるタイプで、(B)はアンカーを埋め込んで焼成し、焼成後に金物を取り付けるタイプである^{1),2)}。(B)の方がブロックの脱落トラブルなどに対して有利で、現在は(B)が主流である。

5. 12年以上使用したドアブロックの特性

今回回収した12年以上使用されたドアブロックは4.で述べた(A)のタイプである。Fig. 7に12年以上使用されたドアブロックの外観写真と切断面写真を、Table 1に品質特性を使用前の特性と比較して示す。使用後のブロックは黒色を呈しており、カーボンが浸入していたことが示される。ブロックの表面は黒色を呈しているが平滑を保っており、塗薬が残存し付着タールピッチは容易に除去可能な状態にある。また、切断面には亀裂が観察されたが剥落はなく、しっかりした組織が維持されていることがわかる。

unglazed specimen, filled with tar, and heated at 500°C for 3h followed by cut surface inspection.

As can be seen in Figs. 3 and 4, metallic bars and bolts are installed on the back side of the block in order to fasten them to the door frame. The exposure of these metallic bars and bolts makes it impossible to burn the block. Therefore, we manufacture door blocks employing the following 2 methods (see Fig. 6) ; (A) inserting metallic members to the burnt blocks which have cavities for metallic parts installation, and (B) welding external metallic members to internal ones which had been embedded during burning^{1),2)}. According to the empirical fact that the blocks manufactured by method (A) have a disadvantage in serious peeling off, (B) is the predominant method.

5. Characteristics of The Door Block Used Over 12 Years

The door block that was obtained after over 12 years of use had been manufactured by method (A). The appearance and cut section of the block are shown in Fig. 7. The black color of the external appearance and cut section indicates coal tar adhesion and penetration. In spite of coal tar adhesion, the smooth surface of a glaze coated layer was maintained which

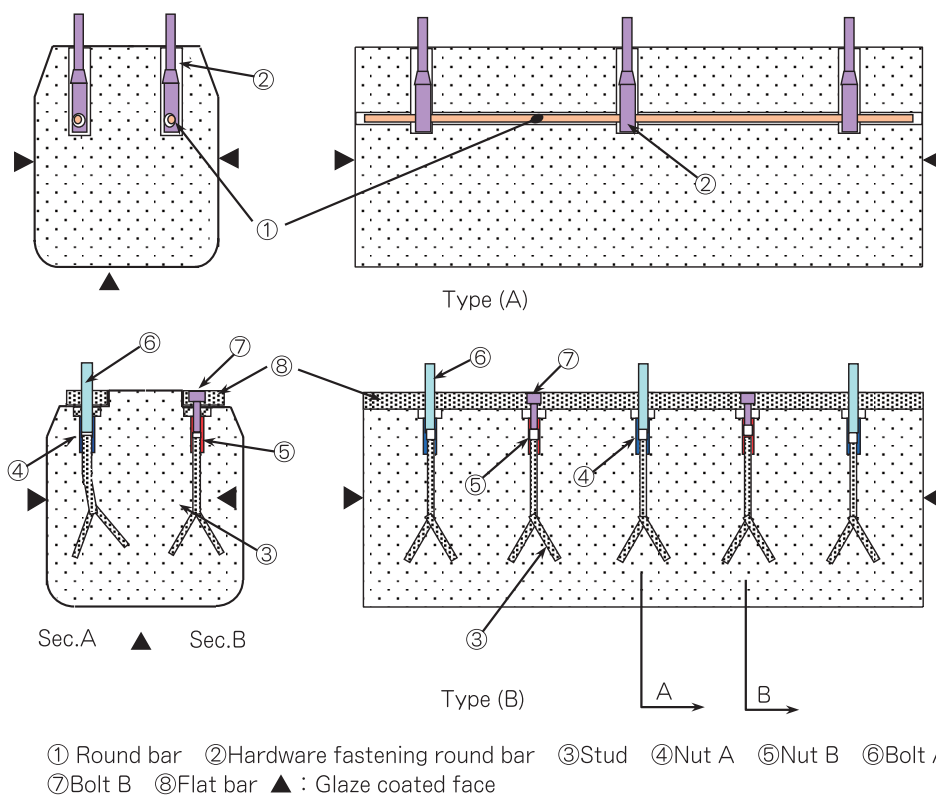


Fig. 6 Two types of configurations of glaze coated block for coke oven door.

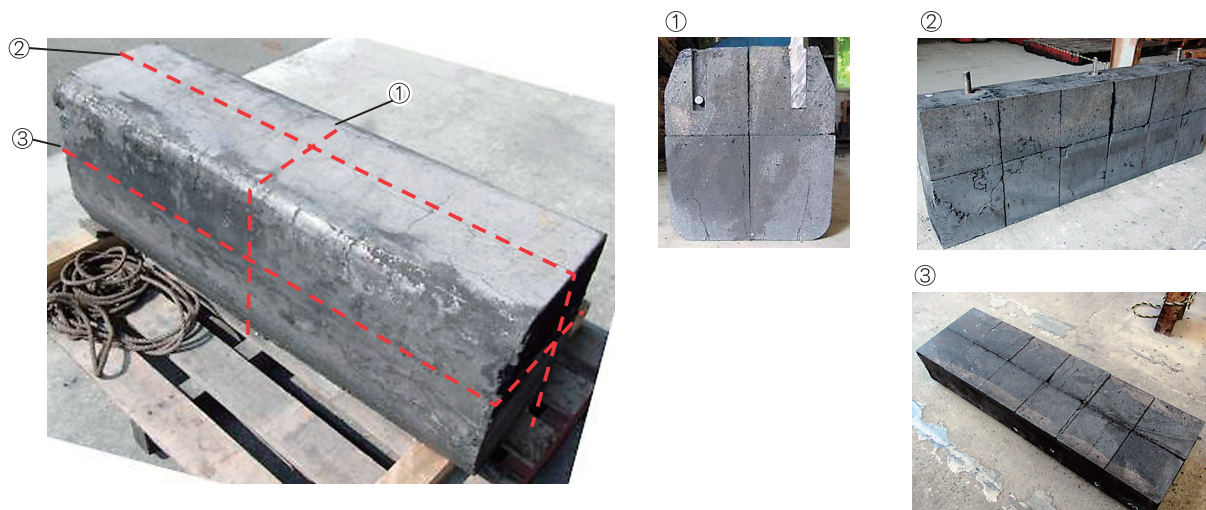


Fig. 7 Cut surfaces of the block more with than 12 years commercial application.

Table 1に示されているように、使用後試料は、見掛密度の低下、かさ密度の向上、気孔率の低下と高強度化が観察されたが、これは浸入したカーボンによる気孔の充填と、組織の緻密化で説明できる。なお、Fig. 5よりタールピッチは液状では

enabled us to remove the coal tar adhesion easily. Additionally, though some cracks were observed at the cut surface, no peeling off was recognized.

Table 1 summarizes the physical properties of the block before and after use. As a result

Table 1 Typical properties of block for coke oven door and properties of block with over 12 years commercial application

	Before usage (CST-A53)	After over 12years commercial application	
		Chamber side	Outer side
Apparent porosity / %	24.0	19.3	9.4
Bulk density / $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	2100	2190	2430
Apparent density / $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	2760	2710	2680
Cold crushing strength / MPa	45	79	92

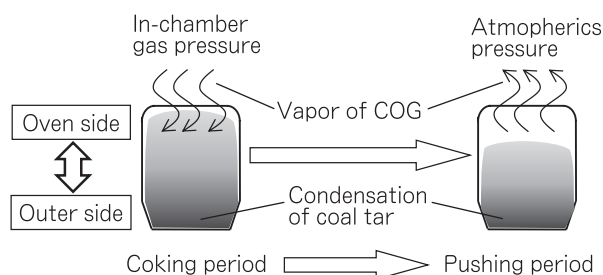


Fig. 8 Schematic illustration of condensation of penetrated Coke Oven Gas (COG).

浸入しないことから、タールピッチガスが炭化室内の圧力により浸入したと考えられる。このような現象は炉外側で顕著であったが、これについては、炉外側は温度が低下しているため凝縮・沈着しやすいことに加えて、炉内側ではドアが開放された時の圧力低下にともなってタールピッチガスの一部がブロック外に排出されたとする説明できる (Fig. 8)。

今回、回収調査したブロックは釉薬を塗布して焼成したものであったが、当社は不焼成ブロックもラインナップしている。これらのブロックも同等な組織を有することから、同等な耐用性を示すと考えられる。

6. まとめ

12年以上使用された釉薬焼成ドアブロックを回収し調査を行った。12年以上の使用でも表面は平滑であり、釉薬の効果が残存していた。また、高強度化と亀裂発生が認められたが、剥落にはいたらずにしっかりした組織が維持されていた。使用

of long term commercial application, a decrease in apparent density and apparent porosity, and increase in bulk density and cold crushing strength were recognized. It is attributable to the densification of structure by pores being filled by carbon penetration. The carbon penetration is assumed to have occurred by coke oven gas diffusion according to the high pressure in the coking chamber since penetration of liquid tar is inhibited as shown in Fig. 5. The difference in densification degree between chamber side and outer side, i.e. higher densification degree of outer side, can be explained as follows in association with Fig. 8. In the coking period, coke oven gas is pressed into the door blocks and condensed on the outer side because of lower temperature. In the discharging period, however, pressure decrease occurring because of door removal causes gas to flow from the inside of the block to the outside resulting in escape of coke oven gas from the block.

According to the investigation of a long term used door block, it was found that a rigid structure had been maintained for a long time. In this report, an investigation was carried out for glaze coated block. However, since a similar structure is also achieved in our unburnt blocks, high stability in structure has also been expected for our unburnt products.

6. Conclusion

The properties of glaze coated coke oven door block after long time use (over 12 years) was investigated. As a result of the investigation, it had been concluded that the effectiveness of the glaze coating and rigidity in structure had been

後品は、緻密化と高強度化が生じていたが、浸入したタールピッチガスが凝縮・沈着した結果と考えられる。今回調査したブロックは釉薬塗布焼成品であったが、当社がラインナップしている不焼成品も同等な耐用性を示すと考えられる。

maintained for over 12 years. In the block, carbon penetration was recognized. It is considered attributable to coke gas diffusion and coal tar condensation induced by in-chamber pressure and temperature gradient in the door block. Since a similar structure has been achieved for unburnt blocks, high rigidity is also expected for our unburnt product.

References

- 1) M. Kataoka and K. Mori : Shingawa Technical Report, 49, 29 (2006).
- 2) Japan Patent No. 195207, 2005.