

SHINAGAWA TECHNICAL REPORT

ABB式直流電気炉用炉底電極

Bottom Electrode Refractories for ABB-type
Direct Current Electrical Furnace

花 房 義 和
Yoshikazu HANAFUSA

富 谷 尚 士
Hisashi TOMIYA

森 孝 一 郎
Koichiro MORI

品川技報

ABB式直流電気炉用炉底電極

Bottom Electrode Refractories for ABB-type Direct Current Electrical Furnace

花 房 義 和*¹
Yoshikazu HANAFUSA

富 谷 尚 士*²
Hisashi TOMIYA

森 孝 一 郎*³
Koichiro MORI

要 旨

ABB式直流電気炉用炉底電極部れんがは、当該炉を採用されているユーザーにおいて、操業に欠かせない重要な製品の一つである。今回、各ユーザーでの実績例を紹介する。

Abstract

Bottom electrode refractories are one of the essential products for ABB-type direct current electrical furnace. In this report, we would like to introduce our products and our customer's actual operational results.

1. はじめに

交流電気炉が三相交流を用い、3本の人造黒鉛電極とスクラップまたは溶鋼間でアークを発生させるのに対し、直流電気炉は炉の上部に設置された1本の電極と炉底に設置された炉底電極間でスクラップまたは溶鋼を介してアークを発生させる。陽極となる炉底電極は開発したグループによって異なった構造をしており、Fig.1に示すように3つの方式に大別される。

CLECIM-IRSID方式とMAN-GHH方式は、ともに棒鋼と耐火物を組み合わせたものを炉底電極としている。CLECIM-IRSID方式は水冷銅モールドで覆われた丸ビレットが数本設置され、周囲をスリーブれんがと不定形耐火物（スタンプ材）で保護している。MAN-GHH方式は、炉底の導電板に設置されたコンタクトピンと呼ばれる多数の鋼

1. Introduction

An electrical furnace utilizing a three-phase alternating current (AC) has three artificial graphite electrodes and discharges an arc between the electrodes and iron scrap / molten steel. A direct current (DC) electric furnace has one electrode at the lid and another electrode at the bottom (bottom electrode). It discharges an arc between them via iron scrap and / or molten steel in the furnace. A lid electrode is cathode and bottom electrode is an anode. Some engineering companies have developed different types of bottom electrodes. They are categorized into three types as shown in Fig.1.

*¹ 西日本工場 岡山製造部 技術室 課長 Manager, Technical Sec., Okayama Plant, West Japan Works
*² 西日本工場 岡山製造部 技術室 係長 Assistant Manager, Technical Sec., Okayama Plant, West Japan Works
*³ 西日本工場 岡山製造部 技術室 室長 General Manager, Technical Sec., Okayama Plant, West Japan Works

Type	MAN-GHH	CLECIM-IRSID	ABB
Bottom electrode	Contact pins	Steel rods	Conductive MgO-C bricks
Schematic diagram			

Fig. 1 Typical designs of DC arc furnaces.

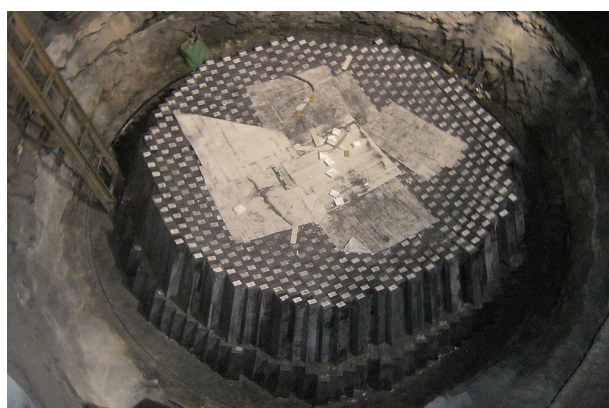


Fig. 2 Installation of bottom electrode.

製丸棒を耐火物で保護している。一方、ABB方式は上記2つとは異なり、導電性を有する耐火物自体を炉底電極とするものである。Fig.2にABB方式の炉底電極用れんがの施工状況を示す。電極部れんがは空目地で炉底中央部に平行積みに施工される場合が多く、周囲は他の方式と同様に不定形耐火物（スタンプ材）を使用する。

本報では、導電性と耐用性を兼ね備えたABB式炉底電極用MgO-Cれんがについて紹介する。

2. ABB式炉底電極部れんがの具備特性

炉底電極部れんがは、れんが自体が電極の役割を果たすため、適用するれんがは出来る限り電気比抵抗値を抑える必要がある。一方、実機解体時の

In the CLECIM-IRSID and MAN-GHH, the bottom electrodes are assembled with steel rods / billets and refractories. In the CLECIM-IRSID the bottom electrode is composed of some round billets with water-cooling copper jackets. Sleeve bricks and refractories (stamping mix) are installed outside of the electrodes. The MAN-GHH bottom electrode is assembled with a number of steel rods called contact pins and refractories on a conductive plate. On the other hand, the ABB bottom electrode is an assembly of only refractories with electrical conductivity. Fig.2 shows the installation of an ABB bottom electrode. The electrode refractories are often stacked parallel without joint material at the center of the furnace bottom. Refractories (Stamping mix) are installed outside of the electrode.

This report presents magnesia carbon refractories for the ABB bottom electrode with constant high electrical conductivity and a long service life.

2. Required Characteristics of ABB Bottom Electrode

We require ABB bottom electrode refractories

電極れんがを見ると、れんが目地間に地金が入り込んで付着した地金とれんがとが一体化し、地金除去時に稼働面近傍のれんがが剥離する場合が見られる。これらの損傷は、稼働時の加熱・冷却によって生じる目地開きが主要因と考えられており、電極れんがの耐用性向上には、材質膨張の低減による容積安定性や適度な残存膨張性付与によるれんが収縮抑制などが必要となる。さらに、電極れんがの稼働面は通電により非常に高温となるため、スラグなどと接する機会は少ないものの、具備特性として耐食性も必要である。

当社では、電極としての機能とともに実機での損傷形態に適応したABB式炉底電極用MgO-Cれんがを提供し、各所で好結果を得ている。

3. 当社品の特徴

上述のように電極として使用されるれんがには安定した通電性が求められる。Fig.3に当社品と従来品の温度毎の電気比抵抗値を示す。従来品は1,000℃以下の温度領域にて電気比抵抗が大きく上昇しているが、当社品は温度依存性が殆どなく、安定かつ低電気比抵抗を示している。

電極部れんがの損傷要因となる目地開きによる地金差しの対策としては、粒度構成の適正化や事前の高温熱処理によって低膨張化と残存膨張性の付与が可能となった。Table 1に当社電極部用れんがの代表品質値を、Fig.4に当社品と従来品の熱間膨張特性を示す。当社品は従来品と比較し、

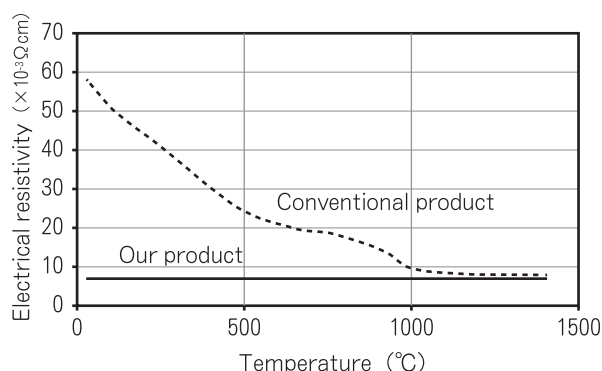


Fig.3 Comparison of electrical resistivity between our product and conventional product (after heating at 1,500°C).

to be constant and have as low specific electric resistivity as possible. We have often observed that steel infiltrates into the refractories joints when dismantling the bottom electrode. Steel skull and refractories integrated in large conglomerates. Once the skull was removed from them, the working area of the refractories also peeled away easily. The thermal history (heating and cooling cycle) during operation is considered to cause refractory joint opening, resulting in steel infiltration. Volume stability is the most important element in preventing joint opening and avoiding refractory damage. Some refractory characteristics such as low thermal expansion and positive after-expansion (expansion after heat-treatment) contribute to good volume stability. Moreover, the working surface becomes very high temperature because of arcing although it does not have so much chance to contact slug. Good corrosion resistance is also required.

It is very important to select magnesia carbon refractories that match the electric furnace design and actual operation of our customers.

3. Beneficial Features of Our Product

Electrode refractories are required to have constant and high electrical conductivity as described above. Fig.3 shows the relationship between the specific electric resistivity and temperature for our products and conventional products. The specific electric resistivity of the conventional products increases largely in the range of under 1,000 degrees Celsius. That of ours has a very constant and low specific resistivity all over the temperature range.

Improvement of the grain size distribution in our materials and heat-treatment for refractories during the manufacturing process realized low thermal expansion and positive after-expansion characteristics for our products. It contributes

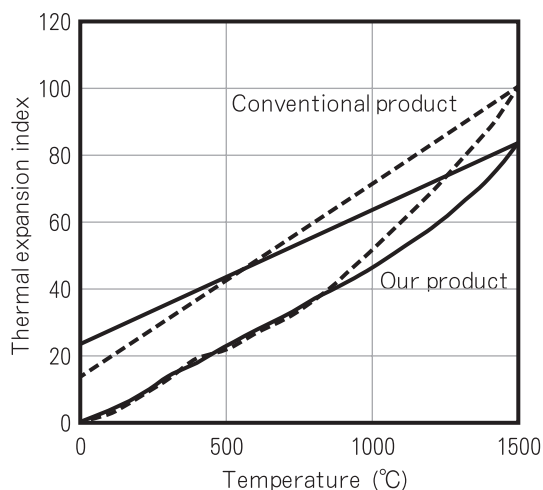


Fig. 4 Comparison of thermal expansion and after-expansion between our product and conventional product.

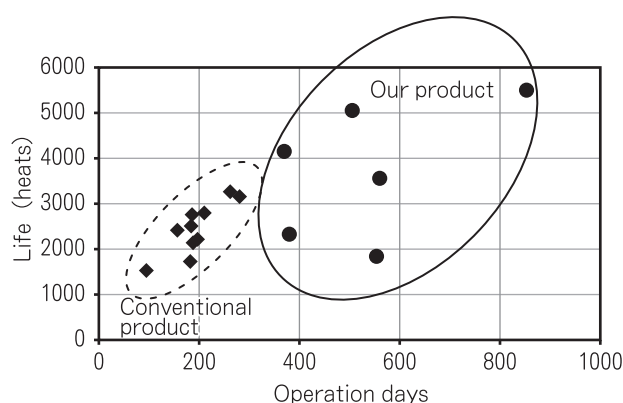


Fig. 5 Relationship between service life and number of operating days.

1,500℃での熱間膨張率が20%程度低減されており、残存膨張率も従来品と比べ約2倍の残存膨張となっている。

4. 使用実績

当社電極部れんがは優れた特性から安定した操業を可能にし、ABB式炉底電極の寿命向上に大きく寄与している。

Fig.5に実機での稼働期間と電極部れんが寿命の関係を示す。当社品は従来品と比較し、大幅な寿命向上が図れ、操業度の低下に伴う間歇操業時においても従来品と同等以上の耐用を示した。ま

Table 1 Typical properties of magnesia carbon bricks for bottom electrode

Brand	MGT-3BR2
Chemical composition (mass %)	
MgO	85
C	13
Physical properties	
Apparent porosity (%)	10.5
Bulk density (g·cm ⁻³)	2.85
Cold crushing strength (MPa)	30
Electrical resistivity (×10 ⁻³ Ω·cm)	
Product	7
After heating	
At 1000℃	7
At 1500℃	7
Beneficial features	Good corrosion resistance Positive after-expansion

to good volume stability in order to prevent joint openings. Table 1 shows the typical properties of magnesia carbon material for the ABB bottom electrode. Fig.4 shows the thermal expansion curves of our materials and conventional materials. Our material has 20% lower thermal expansion at 1,500 degrees Celsius and two times larger after-expansion comparing to the conventional material.

4. Actual Operating Results

The superior characteristics of our bottom electrode refractories lead to stable operation and a longer service life.

Fig.5 shows the relationship between service life and number of operating days from a customer of ours. Our products had a much longer service life than the conventional ones. Even in severe operating conditions such as frequent intermittent use and long idling time, our products performed better than the conventional ones. We observed that electrode had less steel infiltration into refractory joints when we dismantled the electrode.

た、実炉解体時の観察状況からも、目地部への地金差しに伴うれんが剥離の軽減が確認された。

さらに、別のユーザーにおいても従来品の耐用が9,000chであったのに対し当社品は初回テスト炉代において約2倍の18,000chの耐用を示し、炉底電極れんがの寿命記録更新となった。

5. まとめ

ABB式炉底電極用として優れた特性を有したMgO-Cれんがを開発し、本製品の適用によって寿命を延長することができた。今後も各ユーザー様における操業条件にあった製品の開発・供給に努め、寿命向上に貢献したい。

At another customer's factory, the service life of the conventional products was 9,000 heats, and our products reached 18,000 heats in the first trial. It should be the world record for ABB bottom electrode service life.

5. Summary

We developed magnesia carbon refractories with superior characteristics for the ABB bottom electrode. Our products have achieved a longer service life and realized stable operation. We will continue to study and develop new products that match the electric furnace design and actual operating conditions of our customers in order to give better performance.