

極低カーボン質MgO-Cれんが

Low Carbon MgO-C Brick

吉 田 昌 弘^{*1}
Masahiro YOSHIDA

富 谷 尚 士^{*2}
Hisashi TOMIYA

Abstract

Carbon-free materials such as MgO-Cr₂O₃ brick and dolomite brick are applied to ladle lining for manufacturing ultra low carbon steel. However, they have the drawback of spalling easily from slag penetration. This report describes “low carbon MgO-C brick”, which reduces carbon pick-up into steel and has excellent slag penetration resistance and spalling resistance.

1. はじめに

近年、鋼の高性能化の観点から、溶鋼成分の管理がますます厳格になっている。それに伴い溶鋼を長時間保持する取鍋においては、使用される炉材の組成も厳格に管理され、特に厳格材の溶精に用いられる取鍋では溶鋼を汚染する成分を極力少なくしたライニング構成となっている。そのため、極低炭素鋼等の鋼中炭素の少ない鋼を製造する際にはノンカーボン系材質を適用し、特に激食部であるスラグライン部にはマグネシアークロム（以下、マグクロ）れんがやドロマイトレんがが用いられることが多い。しかしこれらのノンカーボン系れんがはスラグ浸潤に伴うスポーリング損傷が大きいという欠点がある。

当社では取鍋スラグライン用材質としてカーボン含有量の非常に少ない炭素含有耐火物を開発し、耐浸潤性と耐スポーリング性に優れ、溶鋼へのカーボンピックアップが少ない極低カーボン質MgO-Cれんがとして国内各所でご好評をいただいている。本報ではこの極低カーボン質MgO-Cれんがの特性について紹介を行う。

2. 極低カーボン質MgO-Cれんがの特徴

MgO-Cれんがにおいてカーボン量を低減する

1. Introduction

In recent years, the elements of molten steel are strictly controlled in order to manufacture high quality steel. Therefore, the constituent of refractories is strictly managed. As a result, the linings of ladles for high quality steel-manufacturing consist of refractories which do not pollute the molten steel easily. Carbon-free materials are applied to ladle linings for manufacturing ultra low carbon steel. In particular, MgO-Cr₂O₃ brick and dolomite brick are used for the slag line. But these carbon-free bricks have the drawback of spalling easily from slag penetration.

In order to solve this problem, we have developed “Low carbon MgO-C brick” for the slag line, which reduces carbon pick-up into molten steel and has excellent slag penetration resistance and spalling resistance. This report describes the characteristics of this product.

2. Characteristics of Low Carbon MgO-C Brick for Slag Line of Ladle

In MgO-C bricks, reducing of carbon

*1 岡山工場 日生製造部 Hinase Manufacturing Dept., Okayama Works

*2 技術研究所 第1研究グループ Shaped Refractories R&D Group, Research Center

Table 1 Typical properties of low carbon MgO-C bricks

	MGT-1BS43	MGT-1BS39	MGT-1BS32
Chemical composition /mass%			
MgO	91	90	88
C	0.5	1.5	3
After drying apparent porosity /%	6.6	6.8	5.3
Bulk density	3.10	3.10	3.12
Cold crushing strength /MPa	78	76	45

と熱膨張率の増大や熱伝導率の低下により耐スポーリング性が低下する。さらに極低カーボン質MgO-Cれんがにおいては、MgO粒子同士の接触頻度が増加し、実炉で使用した際には焼結が進み、割れや剥離を生じるという問題がある。そのため、極低カーボン質MgO-Cれんがの材質を設計する上ではれんがの焼結を抑制することが重要である。

カーボン量の少ない領域では、バインダーの残留炭素の性状が重要なことが知られている¹⁾。すなわち、バインダー由来の残炭が十分に骨材を被覆し、骨材同士の接触を妨げることによって、過焼結を抑制することができる。特に、残炭率の高い樹脂系バインダーの使用は、高温域における強度、弾性率の急激な上昇を抑制できるため、耐スポーリング性の付与に効果的に作用すると考えられる。Table 1に極低カーボン質MgO-Cれんがの品質表を示す。カーボン量は0.5～3.0mass%までのものがあり、マグネシア骨材の純度によらず提供可能である。以下に極低カーボン質MgO-Cれんがの各特性について述べる。

2. 1 耐食性および耐浸潤性

Fig. 1に極低カーボン質MgO-Cれんがとダイレクトボンドマグクロれんがの侵食試験の結果を示す。極低カーボン質MgO-Cれんがはわずかに耐食性で劣る結果である。しかし、極低カーボン質MgO-Cれんがはスラグの浸潤が認められないのに対し、マグクロれんがはスラグがれんが半ばまで浸潤している。マグクロれんがはこの浸潤層と健全層の境界を起点とした剥離によって損傷が進むことが知られており、そのため、実炉においては、極低カーボン質MgO-Cれんがはマグクロれんがと同等以上の耐用を示すことが期待される。

2. 2 耐スポーリング性

取鍋は間欠条件で使用されることが多く、取鍋用れんがは十分な耐スポーリング性を必要とされ

content decreases spalling resistance because of increased thermal expansion and decreased thermal conductivity. In addition, MgO grains in low carbon MgO-C brick are frequently in contact with each other due to little carbon content. Therefore, low carbon MgO-C brick is subject to cracking and flaking in the actual furnace because it is susceptible to sintering. It is important to suppress sintering of low carbon MgO-C brick in the designing material.

The characteristics of the binder such as carbonization yield are important for material design in low carbon MgO-C bricks¹⁾, because the residual carbon originated from the binder covered with MgO grains prevents the direct contact among MgO grains and controls the excessive sintering of MgO. Therefore, an application of the resin binder with high carbonization yield is effective for an improvement of the spalling resistance, because it prevents the rapid increase of strength and modulus of elasticity by the sintering of MgO grain in high temperature. Table 1 shows the properties of low carbon MgO-C bricks. Their carbon content ranges from 0.5mass% to 3.0mass%, and we can supply them with various grades of MgO. The following are their characteristics.

2. 1 Corrosion resistance and slag penetration resistance

Fig. 1 shows the slag corrosion test results for low carbon MgO-C and direct bonded MgO-Cr₂O₃ brick. The corrosion resistance of the direct bonded MgO-Cr₂O₃ brick was slightly better than that of the MgO-C brick, but it was penetrated by the slag into the middle of the sample. On the other hand, MgO-C brick had

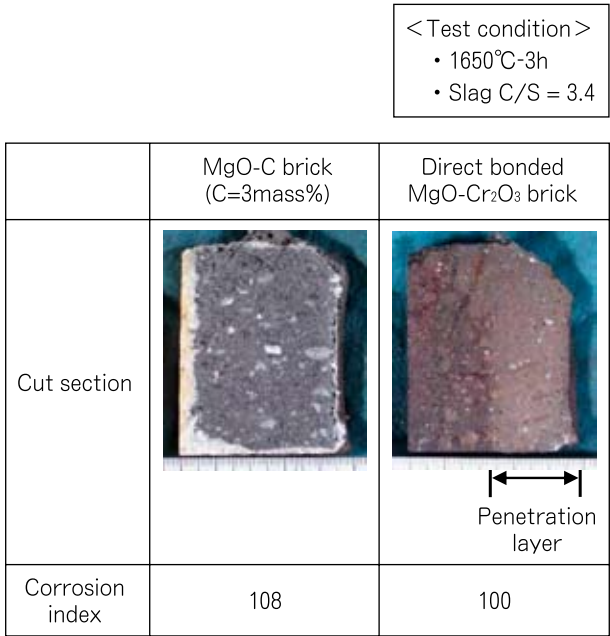


Fig. 1 Results of slag test.

る。そこで繰り返し空冷スポーリング試験を実施し、耐スポーリング性を評価した。試験条件と試験結果をTable 2に示す。極低カーボン質MgO-Cれんがはダイレクトボンドマグクロれんがに比べて微亀裂の発生時期および亀裂の伸展時期が遅く、耐スポーリング性に優れていると考えられる。

3. 実炉への適用

現在、この極低カーボン質MgO-Cれんがは、主として極低炭素鋼を製造する取鍋で適用が進んでいる。前述したように、従来、これらの取鍋のスラグラインにはマグクロれんがが使用される場合が多いが、溶損とスラグ浸潤に伴う剥離により耐

no slag penetration phenomenon. MgO-Cr₂O₃ bricks are damaged by the structural spalling that is flaking off on the boundary between the slag penetration layer and the original structure of brick. Therefore, low carbon MgO-C bricks are expected to have equal or better durability in comparison with MgO-Cr₂O₃ bricks in an actual furnace.

2. 2 Spalling resistance

Sufficient spalling resistance is required of the bricks used for ladle lining, because the ladle is often used in intermittent conditions. Therefore, we evaluated the spalling resistance. Table 2 shows the test conditions and results. The first occurrence of cracks in low carbon MgO-C brick was later than that in MgO-Cr₂O₃ brick, also the growth of cracks was later. From this result, we expect low carbon MgO-C bricks to have good spalling resistance.

3. Results of Field Trial

Low carbon MgO-C bricks are being applied to ladles for manufacturing ultra low carbon steel recently. As mentioned above, MgO-Cr₂O₃ bricks are usually used for the slag line of those ladles, but those do not have enough durability because of the corrosion and flaking off caused by slag penetration. Therefore, we applied low carbon MgO-C brick to the slag line with the aim of durability improvement.

We carried out a panel test of the slag line of the ladle for manufacturing ultra low carbon steel. Fig. 2 shows a cross sections of a used low

Table 2 Results of spalling test

	Number of cycles									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MgO-C Brick (C=3mass%)					A	→	→	→	→	B
Direct bonded MgO-Cr ₂ O ₃ brick	A	→	→	→	→	→	B	→	→	→

A ... Crack initiation.
B ... Crack elongation and enlargement.
< Test condition >
Sample size : 30×30×30mm
Heat cycle : 1300°C-15min ⇔ room temperature-15min

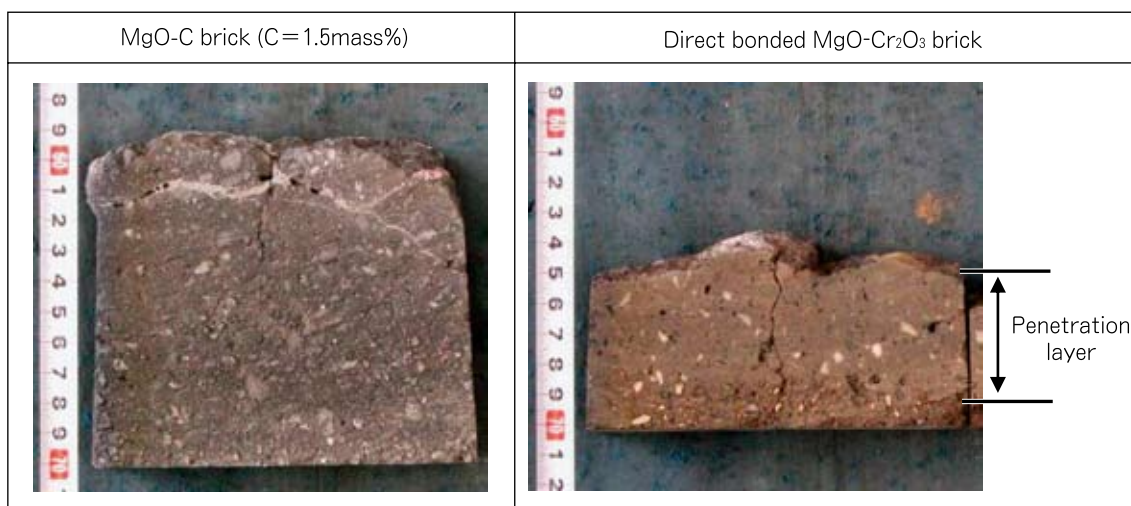


Fig. 2 Cut sections after use.

用性は必ずしも十分ではなかった。そこでこの極低カーボン質MgO-Cれんがを適用し、耐用改善を図った。

Fig. 2に取鍋スラグライン部で張り分けテストされた極低カーボン質MgO-Cれんがとマグクロれんがの切断面写真を示す。マグクロれんがはスラグ浸潤が大きく、稼働面が剥離しているのに対し、極低カーボン質MgO-Cれんがはスラグ浸潤がみられず、稼働面に平行な亀裂が見られるが剥離には至っていない。また、この極低カーボン質MgO-Cれんがに添加したカーボン量は1.5mass%とわずかであり、酸化層は薄く、脱炭後の組織もしっかりとしていた。極低カーボン質MgO-Cれんがはマグクロれんがと比べ十分な残厚があり、大きな耐用改善効果が認められた。

4. おわりに

極低炭素鋼等の溶精を行う取鍋のスラグラインを高耐用化するために、耐スポーリング性と耐浸潤性に優れた極低カーボン質MgO-Cれんがを開発した。実炉で使用したところ、従来のマグクロれんがと比べて良好な結果が得られた。今後、さらに改良、開発を行い、さらなる耐用向上によりユーザーのコスト低減や生産性の向上に貢献できる商品の開発に努めていく所存である。

carbon MgO-C brick (C=1.5mass%) and a direct bonded MgO-Cr₂O₃ brick. As for MgO-Cr₂O₃ brick, slag penetration was observed, and its hotface was lost by flaking off. On the contrary, low carbon MgO-C brick had no slag penetration, and had not yet led to flake off with the occurring cracks parallel to the hotface. The carbon content of this low carbon MgO-C brick is only 1.5mass%, its oxidation layer is very thin and strong. Low carbon MgO-C bricks had enough residual thickness compared with MgO-Cr₂O₃ bricks. The great improvement in durability was confirmed through applying low carbon MgO-C bricks.

4. Conclusion

We developed low carbon MgO-C bricks that have excellent spalling and corrosion resistance in order to improve the slag line of the ladle for refining ultra low carbon steel. Low carbon MgO-C bricks are better than ordinary direct bonded MgO-Cr₂O₃ bricks in actual use. We will contribute to customers' cost reduction and increased productivity through further improvement of refractories.

Reference

- 1) Hoshiyama et al, The 88th Sub-Committees in Refractories for Steel Refining, 22 (1998), 22-31.